

Projeto de máquina de corte e furação de perfil / standard work de montagem de produtos standard

Luís Carlos Moreira Bernardo

Dissertação do MIEM

Orientador na JPM: Miguel Ângelo

Orientador na FEUP: Prof. José Esteves



FEUP

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

Junho de 2015

A todos os que tornaram possível este projeto...

Resumo

A presente dissertação, realizada na empresa JPM, especializada no projeto, fabrico e montagem de soluções de automação industrial e metalomecânica, incide sobre duas temáticas, a criação de “standard work” para a montagem dos produtos standard JPM e o projeto de uma máquina automática de fabrico de um componente utilizado nestes produtos, o perfil deslizante.

O “standard work” é a base para a melhoria contínua, “*without standars there can be no kaizen*” (Teicoho, 1997), tendo desta forma uma grande importância numa empresa a existência de trabalho padronizado, algo que indique qual a melhor e única forma de realizar determinada tarefa. Na montagem dos transportadores standard JPM, verificava-se a não existência de uma forma padrão de montagem dos produtos, estando assim ao critério de quem efetuava a montagem. Este facto trazia à empresa uma grande variedade de operações, sequências, tempos e dúvidas/dificuldades por parte dos colaboradores ao efetuarem as montagens. Foi assim efetuado um estudo de observação das diferentes sequências de montagem de determinados produtos e registadas sob a forma de diagrama (gozinto) com o tempo de execução de cada operação sendo assim possível apurar o melhor e mais eficaz procedimento de montagem e mesmo do fluxo dos componentes nela utilizados. Este diagrama simbólico é de fácil interpretação visual e contém todos os componentes do produto, a sequência em que devem ser montados e o tempo de duração de cada operação de montagem, servindo assim também de manual técnico do produto. Para transmitir este “standard work” aos colaboradores, foi adotado um método que consiste numa apresentação onde são mostradas todas as operações de montagem passo a passo mostrando a imagem do componente a inserir e do estado da montagem depois de este ser inserido e com uma descrição mais pormenorizada de cada operação com informação de segurança, inspeção, técnicas de montagem entre outras. Esta apresentação está disponível no computador de cada bancada de montagem onde é seguida pelos colaboradores.

O projeto de uma máquina de corte e furação de perfil deslizante utilizado nos transportadores standard JPM, surge da necessidade da empresa tornar o processo de operações de preparação deste perfil mais eficiente e automatizado. As operações de preparação do perfil para a montagem são: corte, furação e estampagem (entalhe ao longo do seu comprimento). A ideologia da máquina passou por varias fases, desde uma máquina simples e de baixo custo mas não totalmente automatizada e que apenas cortava e furava, até a uma configuração totalmente automática, de maior custo, mas que satisfaz todos os requisitos de operações que o perfil é sujeito até à sua montagem (corte, furação e estampagem).

A existência de trabalho padronizado nas montagens trouxe melhorias significativas no que diz respeito à facilidade e redução do tempo de execução das mesmas. O projeto da máquina foi concluído e a proposta aceite pela JPM seguindo desta forma para o fabrico.

Project for a standard cutting and drilling machine/ Standard assembly work of standard products

Abstract

The following dissertation, made in the JPM enterprise, specialized in projecting, making and assembling of solutions for industrial and metalmechanical automation, is mainly about two themes: the creation of standard work for assembling JPM standard products and projecting an automatic machine for manufacturing a component used in these products, the sliding profile.

“Standard work” is the base for continuous improvement, “without standards there can be no kaizen” (Teicoho, 1997), so it is important for an enterprise to have a standardized workflow, something to indicate what is the best way to accomplish a certain task. In the assembly of standard JPM transporters, there was an obvious lack of a standard way to assemble the products, leaving the criteria up to the assembler. This made the enterprise deal with a variety of operations, sequences, timings and doubts/difficulties by the collaborators in the assembly task. With this in mind, it was conducted an observational study of the different sequences of assembly of certain products and registered in the way of a diagram (gozinto) with the time of execution of each operation, making it possible to realize what the best and most effective procedure of assembly is, as well as the flow of components used by it. This symbolic diagram is of easy visual interpretation and contains every component of the product, the sequence in which to be assembled and the time of duration for each assembly operation, doubling as a technical manual for the product. To transmit this “standard work” to the collaborator, it was adopted a method that consists of a presentations that shows every operation of assembly step-by-step showing the image of the component to insert and the state of assembly after it has been inserted and a more detailed description of each operation, along with safety tips, inspection information and assembly techniques, among other things. This presentation is available in the computer of every assembly line where it is followed by the workers.

The project for a standard cutting and drilling machine with a sliding profile used in the JPM standard transporters comes from the necessity of the enterprise to make the process of operations to prepare this profile more efficient and automatic. The operations of preparation for the profile for assembly are: cut, drill and stamping (carving along its length). The ideology of the machine went through various phases, from a simple, low-cost machine but not fully automatic, which just cut and drilled, to a fully automatic configuration, of a higher cost, but satisfies every requirement of operations to which the profile undergoes until its assembly (cutting, drilling and stamping).

The existence of standard work in the assembly brought significant improvement as to the attainability of the process and the reduction of time taken for its execution. The project for the machine was concluded and the proposition was accepted by JPM, being thereby approved for fabrication.

Agradecimentos

Agradeço a todos aqueles que pertencem à família JPM e que direta ou indiretamente contribuíram para que eu me sentisse integrado na empresa e proporcionaram o bom desenvolvimento da presente dissertação, em particular ao meu orientador Miguel Ângelo por todo o apoio e confiança que em mim depositou, à Eng^a. Paula Silva e ao Carlos Alberto por todo o acompanhamento na produção e transmissão de ideias e conhecimentos nesta mesma área.

Agradeço igualmente à Prof. Doutora Lúcia Dinis por ter aprovado a realização da dissertação na empresa JPM, bem como ao meu orientador Prof. Doutor José Esteves por toda a disponibilidade e ajuda prestada sempre que esta lhe era solicitada.

Agradeço também a todos os meus amigos, namorada e familiares que me apoiaram e incentivaram nos momentos cruciais deste percurso e que me deram força para nunca desistir.

Agradeço finalmente à JPM pelo apoio monetário para ajuda de custos de deslocação.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	7
	Apresentação da Empresa JPM	7
	Transportadores JPM	7
	O Projeto Máquina de corte de perfil /standard work de montagem	8
	Perfil deslizante	8
	“Standard work” de montagem	10
	Contributos do trabalho	11
	Organização da dissertação	11
2	“Standard work”	12
	Fundamentos teóricos	12
	Situação inicial (montagens).....	18
	“Standard work” (montagens).....	25
3	Projeto de máquina de corte de perfil	39
	Método utilizado - SolidWorks® 2014.....	41
	Alguns fundamentos teóricos	41
	Evolução da máquina até ao projeto final.....	48
	Projeto da versão final da máquina de preparação de perfil.....	52
	Dimensionamento dos cilindros pneumáticos.....	62
	Programação da máquina	73
	Orçamento.....	74
	Indicadores e análise de custos	75
4	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro.....	76
5	Bibliografia.....	79
	ANEXO A: Gozinto montagem e embalamento curva 90° JPM 023	81
	ANEXO B: Apresentação “standard work” curva 90° JPM023	84
	ANEXO C: Folha de dúvidas/melhorias do “standard work”	90
	ANEXO D: Vista explodida versão final da máquina	91
	ANEXO E: Especificações técnicas do motor de passo	93
	ANEXO F: Especificações técnicas do redutor	95
	ANEXO G: Estudo técnico dimensionamento motor (Festo).....	96
	ANEXO H: Sistema controlador de posicionamento.	98
	ANEXO I: Simulação esforços chapa principal.	102
	ANEXO J.1: Características técnicas cilindro de furação (DSBC-63-Q-20-PPSA).	110
	ANEXO J.2: Características técnicas cilindro de estampagem (DNCT-50-20-PPV-A).	112
	ANEXO J.3: Características técnicas cilindro de corte (DSBC-40-20-PPSA-N3).	113

ANEXO J.4:	Características técnicas cilindro rolo superior (DSBC-32-30-PPSA-N3).	114
ANEXO J.5:	Características técnicas cilindro rolo superior (DSBC-32-30-PPSA-N3).	116
ANEXO J.6:	Características técnicas cilindro linguetes (DSNU-16-60-P-A).	118
ANEXO K:	Características técnicas controlador do motor de passo (CMMO-ST-C5-1-DIOP).	119
ANEXO L:	Características técnicas programador (CECC-D).	121
ANEXO M:	Características técnicas display (CDPX-X-A-W-7).....	123
ANEXO N:	Indicadores de desempenho e análise de custos.	125

Índice de Figuras

Figura 1 – Desenho de fabrico perfil deslizante 24	9
Figura 2 – Perfil deslizante tipo 24.....	9
Figura 3 – Perfil deslizante tipo 21.....	9
Figura 4 - Desenho de fabrico perfil deslizante 21	9
Figura 5 - Desenho de fabrico perfil deslizante 23.....	10
Figura 6 – Perfil deslizante tipo 23.....	10
Figura 7 – Imagem de exemplo de bancada de montagem.....	11
Figura 8 - Esquema 5 princípios do Lean Thinking (Konstantinos Salonitis, Lecturer in Manufacturing Systems).....	12
Figura 9 – Esquema Sistema push (Konstantinos Salonitis, Lecturer in Manufacturing Systems)	13
Figura 10 – Esquema Sistema Pull (Konstantinos Salonitis, Lecturer in Manufacturing Systems)	13
Figura 11 – Cinco passos para implementação de metodologias Kaizen.....	14
Figura 12 – “Casa Lean” (Konstantinos Salonitis, Lecturer in Manufacturing Systems).....	15
Figura 13 – Padronização do trabalho (Lean enterprise institute).....	17
Figura 14 – Lay-out Produção	19
Figura 15 – Lay-out nave de montagens standard	20
Figura 16 – Fluxo dos componentes para montagem	21
Figura 17 – Fluxo do perfil deslizante.....	22
Figura 18 – Folha de instrução de trabalho (Lean Enterprise Institute).	25
Figura 19 – Esquema de montagem (gozinto)- primeiro passo da montagem.	26
Figura 20 – Esquema de montagem (gozinto) - Operação realizada no componente.	26
Figura 21 – Esquema de montagem (gozinto) – Conjunto de componentes a assemblar.	27
Figura 22 - Esquema de montagem (gozinto) – montagem “Kit lateral exterior curva”.....	27
Figura 23 – Esquema de montagem (gozinto) – Assemblagem do componente seguinte da montagem.	27
Figura 24 – Apresentação do “standard work” – Localização no espaço curva 90° JPM023..	29
Figura 25 - Apresentação do “standard work” – Localização no tempo curva 90° JPM023....	30
Figura 26 - Apresentação do “standard work” – Instrução de montagem curva 90° JPM023.	31
Figura 27 – Folha de instrução de trabalho “Rejeitador sopro de 3 bicos JPM023”.....	33
Figura 28 – Gráfico de balanceamento “Rejeitador sopro de 3 bicos JPM023”	34
Figura 29 – Esquema de montagem praticado atualmente	36

Figura 30 – Pormenor molde	36
Figura 31 - Molde exterior curva 90° JPM024	36
Figura 32 – Molde interior montado na lateral curva 90° JPM024	37
Figura 33 – Esquema de montagem Proposto Curva 90° JPM024.....	37
Figura 34 – Operação de corte.....	39
Figura 35 – Operação de estampagem.....	39
Figura 36 – Operação de furação.....	40
Figura 37 – Montagem do perfil no componente	40
Figura 38 – Corte por facas	45
Figura 39 - Puncionamento	46
Figura 40 – Folga matriz-punção.....	47
Figura 41 – Esboço ideia inicial da máquina.....	48
Figura 42 – Primeira versão da máquina com um cilindro, vista em perspectiva e em corte. ...	49
Figura 43 – Segunda versão da máquina com três cilindros, vista em pormenor e geral.....	50
Figura 44 – Terceira versão da máquina com dois cilindros e apenas um punção, vista em pormenor e geral.....	50
Figura 45 – Terceira versão da máquina, com dois cilindros, pormenor e vista geral	51
Figura 46 – Versão final máquina de preparação de perfil.....	51
Figura 47 – Estrutura da máquina.....	52
Figura 48 – Conjunto de operações de preparação.....	52
Figura 49 - Conjunto de operações, vista explodida	52
Figura 50 – Conjunto punção	53
Figura 51 – Conjunto matriz furação, vista explodida	54
Figura 52 – Conjunto lâmina de corte	55
Figura 53 – Conjunto matriz corte, vista explodida	55
Figura 54 – Calha de suporte das matrizes	56
Figura 55 – Sistema de tração do perfil	56
Figura 56 – Rolo superior de ajuste, vista explodida	57
Figura 57 – Rolo motor, vista explodida	57
Figura 58 – Conjunto acionamento	58
Figura 59 – Sistema de guiamento do perfil.....	59
Figura 60 – Acionamento linguetes.....	59
Figura 61 – Sistema separação de retalhos	60
Figura 62 – Sistema guia de perfil.....	60

Figura 63 – Conjunto rolo guia, vista explodida	61
Figura 64 – Sistema suporte rolo perfil 023 – vista explodida.....	61
Figura 65 – Chapa base suporte.....	62
Figura 66 – Secção perfil 023.....	62
Figura 67 – Secção perfil 024.....	62
Figura 68 – Secção perfil 021	62
Figura 69 – Teste experimental - corte	65
Figura 70 – Teste experimental - furação	65
Figura 71 – Sistema de tração do perfil	69
Figura 72 – Sistema de acionamento linguetes	70
Figura 73 – Perfis 024 em paralelo.....	72
Figura 74 – Perfis 024 encaixados.....	72
Figura 75 – Exemplo de perfil standard	73
Figura 76 – Sequência de operações.....	73
Figura 77 – Fluxo material atual	75
Figura 78 – Fluxo material previsto	75

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Características principais do perfil 21	9
Tabela 2 – Características principais do perfil 23	10
Tabela 3 – Dados perfis de deslizamento	54
Tabela 4 – Dados da secção e material dos perfis	63
Tabela 5 – Força teórica de furação e corte dos três tipos de perfil	64
Tabela 6 – Tabela de dados furação a 8mm	64
Tabela 7 – Força teórica de furação de 8mm.....	65
Tabela 8 – resultados experimentais de furação e corte	66
Tabela 9 – Cruzamento dos valores teóricos com os experimentais	67
Tabela 10 – Cruzamento dos resultados experimentais com os teóricos do novo teste	68
Tabela 11 – Tipo de cilindro utilizado em cada operação	71
Tabela 12 – Orçamento dos componentes da máquina	74

1 Introdução

Apresentação da Empresa JPM

A JPM é uma empresa fundada em 1994, especializada no projeto, fabrico e montagem de soluções de automação industrial e metalomecânica, tem na base da sua atividade quatro grandes áreas de negócio:

Automação industrial – conceção, execução e montagem de projetos industriais envolvendo programação de autómatos, software de produção, engenharia de processos e eletricidade;

Metalomecânica – conceção, produção e montagem de componentes mecânicos, especialmente transportadores e acessórios em aço inox para a indústria alimentar;

Manutenção industrial – manutenção preventiva e curativa de equipamentos industriais;

Energias renováveis – instalação de soluções de unidades de produção de energia solar fotovoltaica.

Transportadores JPM

A JPM desenvolve transportadores industriais destinados ao transporte de matérias-primas e produtos em processo de fabrico ou acabado. Os seus produtos standard são transportadores de tela (ou corrente) Intralox para a indústria alimentar, os transportadores de embalagens, adequados para qualquer tipo de embalagem (exemplo: cartão, PET, vidro). Estes produtos standard estão divididos em três grandes configurações da linha de transportadores, a linha de transportadores do tipo 021, 023 e 024 com características distintas entre si.

A linha de transportadores do tipo 021 é a linha mais antiga, sendo que, com a evolução esta foi substituída pelo tipo 23 que é uma linha mais moderna, de menor atrito na corrente (tela), mais ajustável e eficaz. Apesar da linha 21 ser mais barata, já se produz pouco, apenas para máquinas mais antigas que ainda estão equipadas com este tipo de transportadores. No ano 2014, foram produzidos 991 equipamentos deste tipo, que corresponde a 19% do total de equipamentos produzidos.

A linha de transportadores 023 é então a mais produzida, que apresenta uma maior adaptabilidade às necessidades em termos de ajustamento e configuração, com menor atrito e desgaste da corrente. No ano 2014, 58% dos equipamentos produzidos (3009 equipamentos) dizem respeito a este tipo (023).

A linha do tipo 024 é constituída por transportadores mais largos, indicados para o transporte de Packs de embalagens de várias configurações (exemplo: packs de 3, 6 etc.). este tipo de transportadores são os menos produzidos, no ano de 2014 apenas foram produzidos 451, correspondente a 8% do total dos produtos. Os restantes 15% são produtos não standard.

O Projeto Máquina de corte de perfil /standard work de montagem

A conceção de uma máquina de corte e furação de perfil deslizante utilizado nos transportadores standard para a indústria alimentar, surge da criação de um standard work de montagem destes mesmos transportadores.

A implementação de metodologias Lean no sistema produtivo da JPM, conduziu à necessidade de criar um procedimento de montagem dos seus produtos standard em virtude de eliminar a grande variabilidade que esta operação apresenta, bem como a identificação de melhorias no produto e no processo de produção de forma a facilitar a produção e a montagem, reduzindo os tempos desta operação aumentando assim a produtividade.

Visto que uma das operações de montagem de maior dificuldade de execução, maior variabilidade e consequentemente mais demorada é a operação de corte e furação do perfil deslizante, devido às fracas condições técnicas e à grande diversidade de medidas de corte e furação, fez com que houvesse a necessidade de conceber uma máquina automática de corte e furação do perfil.

Perfil deslizante

O perfil deslizante (ou de desgaste) é responsável por facilitar o deslize e fazer o guiamento da tela transportadora em todo o seu comprimento e é utilizado em todos os componentes da linha de transportadores standard. Esta grande utilização do perfil deslizante justifica a necessidade de que a sua montagem seja a mais fácil e rápida possível com vista do aumento da produtividade. Para a sua montagem, o perfil necessita de ser cortado, furado e em alguns casos estampado, em diferentes medidas consoante o tipo de componente a ser montado, sendo que o perfil é obtido em rolos de 40 m no caso da linha de transportadores do tipo 23, e em barras de 3 m no caso do tipo 21 e 24.

A grande variedade de componentes de uma linha de transportadores, como por exemplo os acionamentos superiores e inferiores, curvas, troços, rejeitadores, agulhas, cadênciadores, transferências etc., bem como a existência de três tipos de perfis correspondentes aos três tipos de linha de transportadores, faz com que a máquina de corte e furação tenha que apresentar uma grande versatilidade para poder satisfazer todas as opções.

Tipos de perfil:

- Perfil do tipo 24

Este perfil, ilustrado na Figura 2, tem como material o polipropileno PPC 2660 e o seu desenho de fabrico é mostrado na Figura 1.

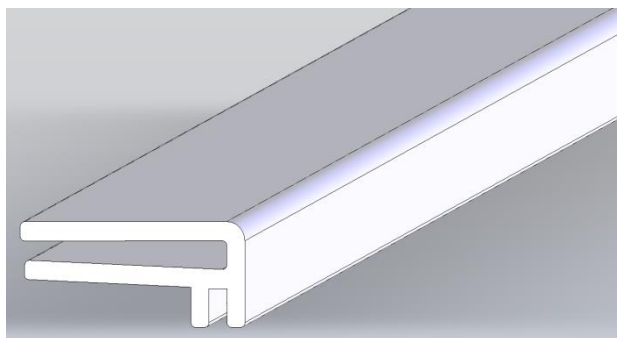


Figura 2 – Perfil deslizante tipo 24

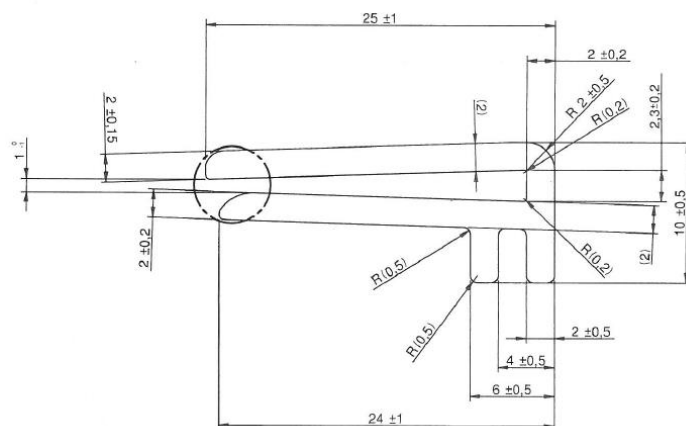


Figura 1 – Desenho de fabrico perfil deslizante 24

- Perfil do tipo 21

O perfil do tipo 21, ilustrado na Figura 3, e com o desenho de fabrico mostrado na Figura 4, apresenta as características enunciadas na Tabela 1.

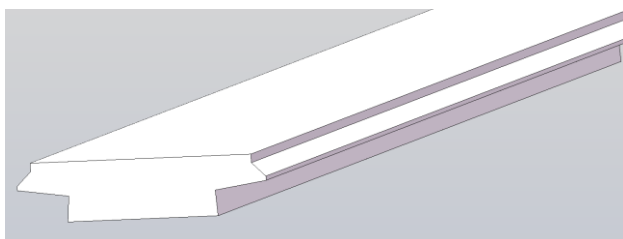


Figura 3 – Perfil deslizante tipo 21

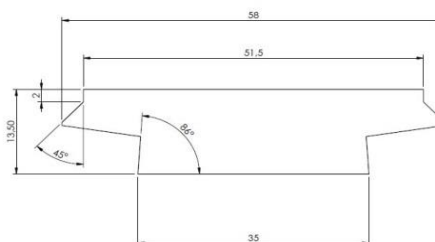


Figura 4 - Desenho de fabrico perfil deslizante 21

Tabela 1 – Características principais do perfil 21

Característica	Valor	Unidade
ISO designação	PE-HMW	
Peso molecular	$0,5 \times 10^6$	<i>g/mol</i>
Densidade	950-957	<i>kg/m³</i>
Tensão de rotura	20	<i>MPa</i>
Coeficiente de fricção	0,25	
Dureza	32-38	<i>N/mm²</i>

- Perfil do tipo 23

O perfil do tipo 23, ilustrado na Figura 5, tem como matéria prima o polietileno PE 500 de elevado peso molecular e com o desenho de fabrico mostrado na Figura 6, apresenta as características enunciadas na Tabela 2



Figura 6 – Perfil deslizante tipo 23

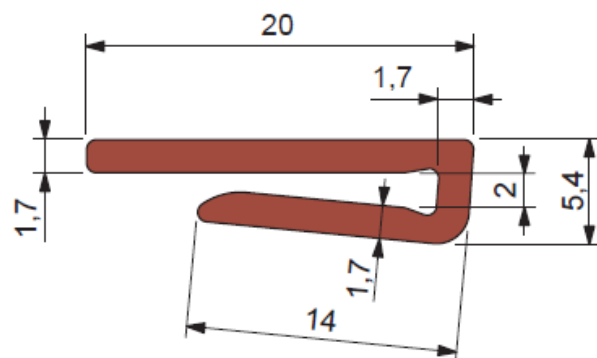


Figura 5 - Desenho de fabrico perfil deslizante 23

Tabela 2 – Características principais do perfil 23

Característica	Valor	Unidade
Material	Polietileno UHMWPE	
Densidade molecular	5.600.000	<i>g/mol</i>
Coeficiente de fricção	0,08	
Coeficiente de dilatação	2×10^{-4}	$^{\circ}\text{C}^{-1}$

“Standard work” de montagem

A montagem dos produtos standard é feita na nave “Montagens”, onde os colaboradores dispõem de bancadas (Figura 7), devidamente identificadas para cada tipo de componente da linha de transportadores, nas quais dispõem de um computador onde podem ver o desenho do conjunto do componente a montar, e apenas as ferramentas necessárias à montagem. Ao lado da bancada é colocado o carrinho com as peças necessárias para a montagem de uma determinada ordem de fabrico.

Atualmente, cada colaborador tem a sua forma de fazer a montagem, sendo ainda que o mesmo colaborador apresente diferentes formas para o mesmo componente. Este facto faz com que haja uma enorme variedade de formas, tempos e procedimentos de montagem dos produtos standard. A criação de um “standard work” com o procedimento mais rápido e eficaz traduzirá numa uniformização e redução dos tempos de montagem, bem como a facilidade de identificar a causa de uma eventual anomalia do produto final.



Figura 7 – Imagem de exemplo de bancada de montagem

Contributos do trabalho

Esta dissertação em ambiente empresarial, decorreu na empresa JPM - Automação e Equipamentos Industriais, S.A, que está a realizar alterações profundas no seu sistema produtivo, implementando metodologias Lean e revendo o seu processo produtivo. Neste âmbito, foi proposto o desenvolvimento de manuais de gama operatória para produtos standard, transmitir aos colaboradores os procedimentos de montagem e assegurar que sejam cumpridos, e ainda, na ótica da melhoria do produto, o projeto de uma máquina de corte e furação do perfil deslizante utilizado nos produtos standard.

Organização da dissertação

A presente dissertação é composta por quatro capítulos, o primeiro diz respeito á introdução, onde se enquadra a empresa JPM, quais as suas áreas de negócio e produtos que comercializa, e ainda o enquadramento do projeto a desenvolver nesta dissertação.

No segundo capítulo, “standard work”, é feita a apresentação dos fundamentos teóricos dos aspetos mais importantes sobre a *Filosofia Lean* e ferramentas *Kaizen* assim como conceitos e definições da mesma, em particular o “standard work”, bem como a apresentação e discussão dos resultados da implementação realizada.

O terceiro capítulo, Máquina de corte de perfil, referencia o projeto da máquina de corte e furação do perfil deslizante incluindo conceitos teóricos e discussão de resultados.

No quarto e último capítulo, conclusões e perspetivas de trabalho futuro, apresentam-se as justificações para as implementações que se realizaram, o que poderia ser melhorado, o trabalho que poderá ser feito futuramente bem como a apreciação final e os objetivos alcançados.

2 “Standard work”

Fundamentos teóricos

➤ Lean thinking

O Lean thinking consiste numa filosofia que auxilia a gestão de uma empresa ou organização. Esta filosofia rege-se por cinco princípios enunciados por Womeck e Jonas (1996) que são o valor, a cadeia de valor, o fluxo, o sistema pull e a perfeição.

Valor – É tudo aquilo que justifica a atenção, o tempo e o esforço que se dedica a algo, não apenas a compensação que se recebe do dinheiro que se dá em troca. São as características perceptíveis ao cliente que cada produto ou serviço proporciona que fazem a diferença no momento da decisão do cliente em adquirir ou não determinado produto ou serviço. O cliente faz um balanceamento entre as vantagens da aquisição do novo produto ou serviço e o esforço que fará para o adquirir.

Exemplos de valor percebido pelo cliente são o preço, qualidade, prazo de entrega, atendimento prestado, características específicas etc. (Konstantinos, 2014).

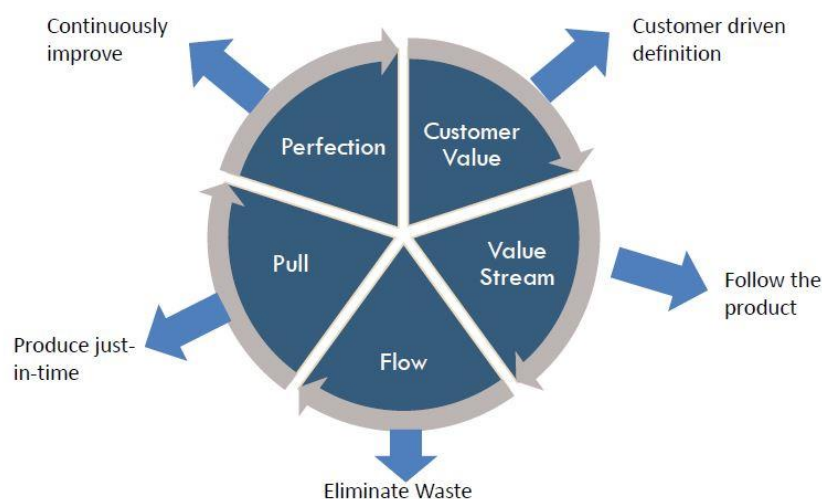


Figura 8 - Esquema 5 princípios do Lean Thinking
(Konstantinos Salonitis, Lecturer in Manufacturing Systems)

Cadeia de valor – É um processo ou conjunto de etapas do processo que cada produto ou serviço passa para ser concluído. Para analisar o valor existente na cadeia, deve-se identificar os desperdícios existentes para que estes sejam eliminados. Esta eliminação de desperdício deve ser feita etapa a etapa ao longo de todo o processo, podendo-se assim identificar tempos

desnecessários, atividades inadequadas, métodos de trabalho ineficientes e níveis de qualidade inadequados ou desajustados.

As atividades, ao longo de toda esta cadeia de valor, podem ser: atividades que acrescentam valor, atividades que não acrescentam valor mas são necessárias e atividades que não acrescentam valor e não são necessárias. Esta análise proporciona a eliminação do desperdício eliminando as atividades que não acrescentam valor e não são necessárias.

Fluxo – Percorre toda a cadeia de valor com o objetivo de que este seja contínuo, sem que existam pontos de estrangulamento que obriguem à paragem ou redução da atividade em determinados pontos da cadeia. Detetados e eliminados estes pontos de estrangulamento, a resposta a pedidos de clientes é de duração mais reduzida, aumentando assim a capacidade de satisfazer as necessidades dos clientes.

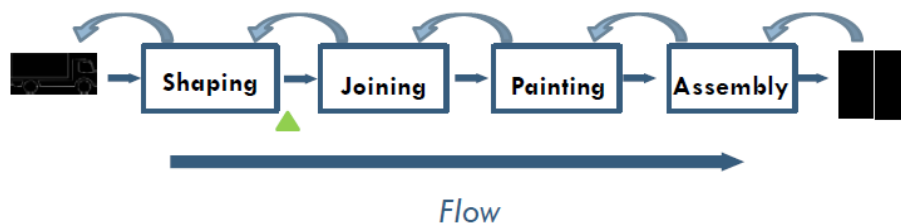


Figura 9 – Esquema Sistema push (Konstantinos Salonitis, Lecturer in Manufacturing Systems)

Sistema pull – A produção de um produto ou serviço deve apenas ser iniciada quando solicitada pelo cliente, considerando as especificações que este estabelece. O rácio de produção é igual ao rácio de consumo.

Este princípio traduz-se no conceito just-in-time, que assenta em produzir ou servir no momento e nas quantidades certas, reduzindo assim o excesso de produção e consequentemente a redução dos stoks.

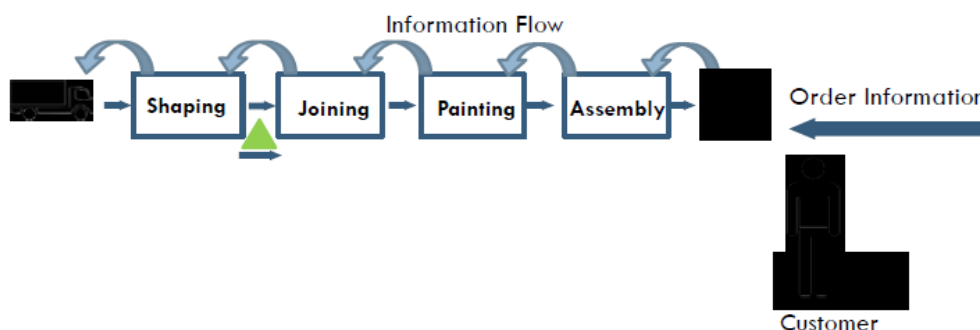


Figura 10 – Esquema Sistema Pull (Konstantinos Salonitis, Lecturer in Manufacturing Systems)

Perfeição - É a busca pela melhoria contínua dos processos, pessoas, produtos, etc., com objetivo de acumular valor ao cliente e obter o aperfeiçoamento ideal da empresa. Empresas como a Toyota procuram problemas diariamente, procurando melhorar o produto e consequentemente a satisfação do cliente, ou seja, a melhoria continua – Cultura Kaizen (Womack e Jones, 1996).

Kanban - Técnica de gestão visual que em japonês significa cartão ou sinal, tendo origem no sistema *pull* referido anteriormente (Figura 10). Esta ferramenta permite coordenar a produção e a movimentação de materiais entre os diferentes postos de trabalho, baseando-se no princípio de que o posto de trabalho apenas é autorizado a produzir quando o posto de trabalho a baixo o indicar. Esta indicação é dada através de um cartão ou qualquer outro tipo de sinal (caixas, espaços vazios, limite de espaço, etc.) (Moura, 1989).

Deste modo, tendo em vista a minimização de *Stock*, o *kanban* é um sistema de produção em lotes pequenos, sendo cada lote armazenado em recipientes uniformizados com um número definido de componentes. Para cada lote, existe um cartão *kanban*, ou outro tipo de sinal correspondente.

➤ **Cultura Kaizen**

A filosofia Kaizen surgiu no Japão no decorrer dos anos 50, deriva das palavras Kai (mudança) e Zen (bom), começou por ser implementada na Toyota com o objetivo segundo Imai (1994) de uma constante melhoria.

Imai (1986) reconheceu que, Kaizen começa com a deteção de necessidades e definição do problema:

“O ponto de partida para a melhoria é reconhecer a necessidade. Isto vem do reconhecimento de um problema. Se nenhum problema é reconhecido, não há reconhecimento da necessidade de melhoria. A complacência é o arqui-inimigo do KAIZEN” (Imai, 1997).

A filosofia Kaizen promove a melhoria contínua sustentável como uma forma de vida diária para cada membro dentro da organização, independentemente do cargo ou título que cada um exerce. Esta filosofia requer uma estrutura formalizada da organização, onde as propostas dos colaboradores são avaliadas, implementadas, revistas e reconhecidas de acordo com a melhoria contínua da organização. Este reconhecimento também ajuda a motivar os colaboradores a participar, individualmente ou através do trabalho em equipa na proposta de implementação das suas ideias de melhoria (Lean Enterprise Institute).

Metodologia Kaizen

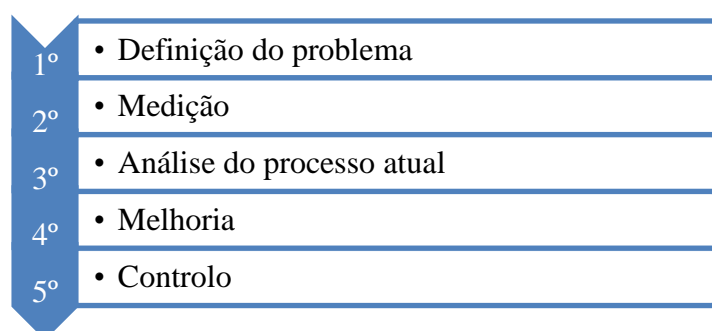


Figura 11 – Cinco passos para implementação de metodologias Kaizen

Como mostra o esquema anterior, a metodologia Kaizen é relativamente fácil de expor, no entanto não é fácil de aplicar, primeiramente são identificadas as oportunidades de melhoria e posteriormente escolha do projeto e definição da equipa que irá trabalhar nele. Seguidamente todo o processo é mapeado e são seleccionados os indicadores do projeto. Consequentemente são identificadas e hierarquizadas as causas do problema em estudo. O processo de melhoria passa primeiramente por uma geração e seleção de ações de melhoria para sua posterior implantação seguida de uma avaliação de resultados e monitorização das melhorias de forma a assegurar a manutenção das ações implementadas.

➤ “Standard work”

A casa Lean, como mostra a Figura 12, é composta por:

- Estabilidade
- Produção
- Melhoria contínua
- Qualidade
- Política de desenvolvimento

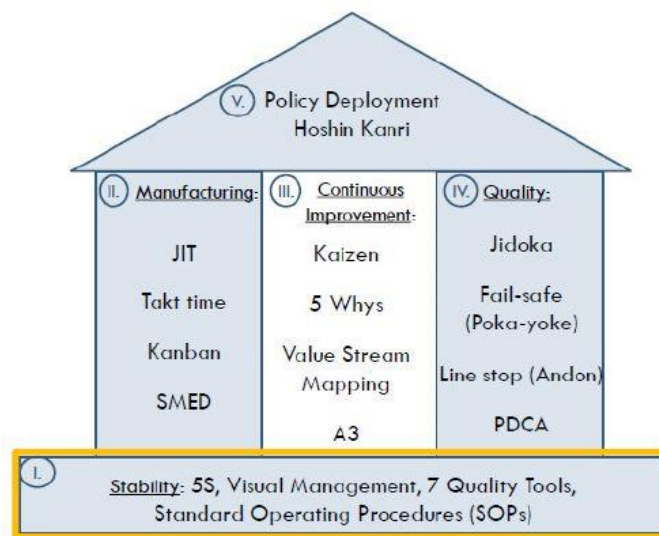


Figura 12 – “Casa Lean” (Konstantinos Salonitis, Lecturer in Manufacturing Systems)

Na sua base está a estabilidade, composta pelas ferramentas 5S, Gestão visual, 7 ferramentas para a qualidade e o “standard work”.

- **5S’s** – A metodologia dos 5’s foi criada para melhorar a organização dos postos de trabalho. Esta metodologia é constituída por cinco passos distintos: Eliminar, Arrumar, Limpar, Estandardizar, Respeitar. Criando assim um sistema para melhorar e

estandardizar o modo como as tarefas são realizadas. A baixo, é explicado sucintamente o significado de cada passo desta metodologia Lean. É composta por:

- Seiri / Separação – Separar claramente o necessário do desnecessário e abandonar este ultimo;
- Seiton / Arrumação – Ordenar, organizar e identificar claramente tudo para facilitar o seu uso;
- Seiso / Limpeza – Proceder à limpeza em cada zona do posto de trabalho, assim como da área envolvente;
- Seiketsu / Normalização – Manter constantemente os anteriores;
- Shitsuke / Autodisciplina – Fazer com que os colaboradores tenham o hábito de agirem sempre em conformidade com as regras (Egoshi, 2006).

- **Gestão visual** – É uma das técnicas Lean concebida para que qualquer pessoa, ao entrar num local de trabalho, mesmo aqueles que não estão familiarizados com os detalhes do processo, possa muito rapidamente perceber o que está a acontecer, compreender e ver o que está sob controlo e o que não está. Essencialmente, o corrente estado da operação possa ser avaliada num ápice.
- **7 ferramentas para a qualidade** – Estas ferramentas ajudam a identificar e dar prioridade a problemas mais rápida e eficazmente, auxiliam o processo de tomada de decisão, fornecem ferramentas simples mas poderosas para o uso em atividades de melhoria contínua, são um veículo de comunicação de problemas e resolução em todo o negócio e fornecem ainda uma maneira de extrair informação dos dados registados.
- **“Standard work”**

O trabalho padronizado é a base para a aplicação das ferramentas Kaizen. Segundo Teichoh (1997): *“without standards there can be no Kaizen”*.

Sendo esta uma das primeiras etapas de implementação de Lean numa empresa, o standard work pode ser descrito como o caminho mais seguro, eficiente e com maior qualidade para a realização de um processo ou tarefa, descreve apenas uma única forma de procedimento desse processo ou tarefa e ainda o tempo necessário à sua realização. Esta é a ferramenta Lean mais poderosa, no entanto menos usada devido à sua difícil implementação. Quando corretamente aplicado, o standard work não só complementa as melhorias do Kaizen (melhoria contínua), como também expõe e elimina os desperdícios que não tenham sido previamente identificados *“(…) os padrões não são apenas a melhor forma de garantir a qualidade, mas a forma mais eficaz de executar o trabalho.”* (Imai, 1997).

Uniformizar, normalizar significa fazer sempre da mesma forma, seguindo todos a mesma sequência, as mesmas operações e as mesmas ferramentas. A uniformização dos processos passa pela documentação das gamas operatórias, garantindo que todos seguem o mesmo procedimento, utilizam as ferramentas do mesmo modo e saberem de que forma proceder quando confrontados com diversas situações.

São muitas as vantagens do trabalho padronizado, das quais se destacam o aumento da previsibilidade dos processos, a redução de desvios e dos custos traduzindo-se num

aumento da produtividade e da capacidade de resposta às necessidades dos clientes (Konstantinos Salonitis, 2014).

O “standard work” garante que não se retroceda em ações de melhoria já implementadas e consiste, basicamente, em três elementos:

1. Tempo de ciclo – consiste na velocidade com que cada etapa da produção deve ser concluída para satisfazer a procura dos clientes.
2. Sequência de produção – a melhor ordem de execução das diversas operações que conduzem à realização de uma tarefa.
3. Inventário padrão – quantidade máxima de stock que flui através das diversas operações, quando o processo flui normalmente.

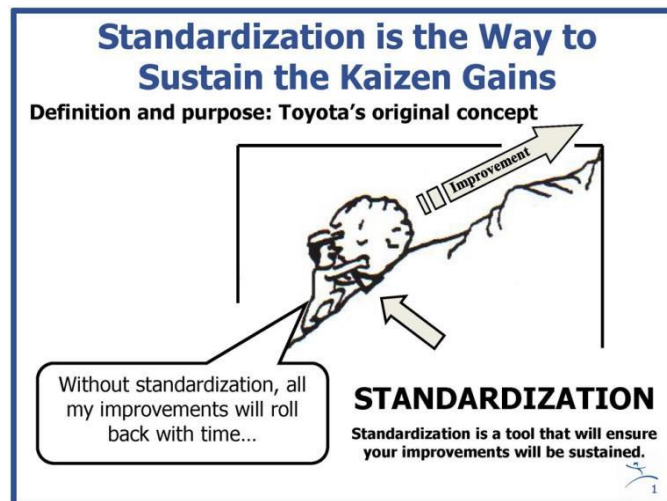


Figura 13 – Padronização do trabalho (Lean enterprise institute)

Etapas de implementação do standard work:

- Fazer um standard para cada movimento/operação em todas as sequências de movimentos/operações;
- Pessoas que façam o mesmo trabalho, usam o mesmo standard work;
- O final de uma sequência de trabalho será o início de um novo standard work.

Requisitos de implementação do standard work:

Título, Área de trabalho; Colaborador; Data de revisão; Tempo de controlo e de ciclo; Sequência de trabalho; Registo de aprovações; Localização e responsável pelo documento.

Registo de informação e documentos:

É importante adquirir o máximo de informação sobre um posto de trabalho quando se pretende criar um modelo standard. Neste sentido, deve-se observar várias pessoas que

desenvolvam a mesma função com o objetivo de analisar a variação, escolher o melhor método e o documento de standard work a aplicar.

Supervisor e colaboradores:

É importante que o supervisor tenha todos os conhecimentos necessários visto que, é este mesmo que está encarregue de verificar se todos os colaboradores executam o seu trabalho sempre da mesma maneira (standard work). Também é da responsabilidade do supervisor treinar os seus colaboradores, de modo a aperfeiçoar a execução das suas tarefas.

Vantagens/Mais-valias:

O trabalho padronizado reduz desperdícios, diminui a carga de trabalho e riscos de acidentes e aumenta a produtividade e a satisfação dos trabalhadores. A folha de instrução do standard work pode ser utilizada como material de treino e formação de operadores, ajuda na solução de problemas de produção e serve ainda como prova do cumprimento de normas de qualidade e segurança (WHITMORE, 2008).

Após a criação do Standard work e do consequente treino de todos os envolvidos, deve-se iniciar o processo e fazer observações com vista a evitar desperdícios e aperfeiçoar a sequência de movimentos/operações, verificar processos que sejam desnecessários e possíveis necessidades de mais treino. Cada vez que se altera algo no modelo standard é importante que se altere toda a documentação e que o anterior modelo seja arquivado para que futuramente sirva de referência.

Situação inicial (montagens)

- **Lay-out da fábrica**

O lay-out geral da fábrica da parte da produção encontra-se esquematizado na Figura 14, onde se pode observar que esta é dividida em quatro naves, a primeira destinada ao corte de tubo, chapa etc., e à manutenção de equipamentos. A segunda é a nave 2 e é onde tem lugar o fabrico, maquinaria, quinagem, soldadura etc., e linha de testes. A nave três, onde incidirá o estudo desta dissertação, é o local onde se fazem as montagens dos produtos standard, as montagens e pré-montagens e do supermercado (local de armazenamento de componentes utilizados em vários equipamentos, normalmente pré-montagens, de abastecimento às montagens). Por último, a nave quatro, é onde se realizam os projetos especiais (não standard).

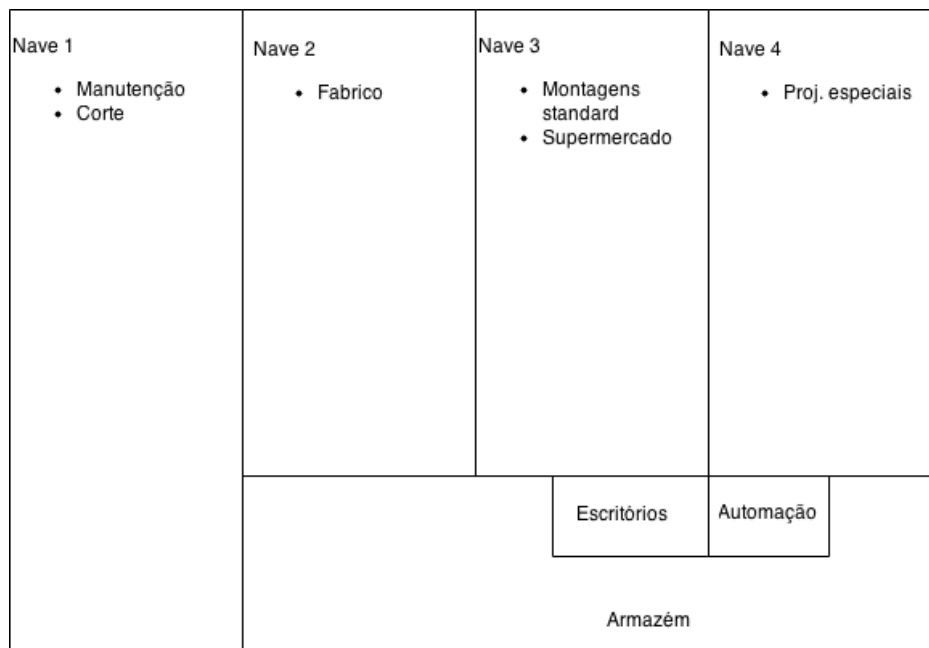


Figura 14 – Lay-out Produção

A nave das montagens dos produtos standard, como mostra a Figura 15, é composta por duas bancadas para fazer as pré-montagens, onze para as montagens finais e o supermercado.

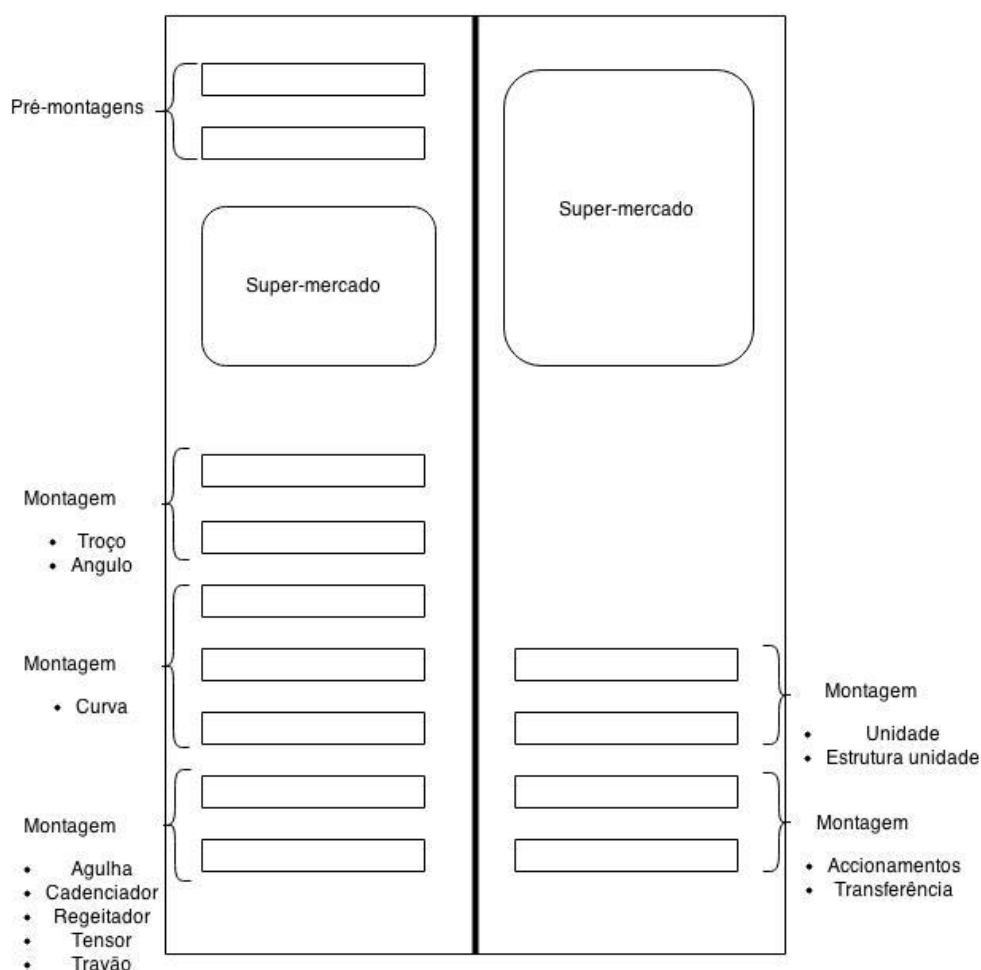


Figura 15 – Lay-out nave de montagens standard

Fluxo das montagens

A montagem da maioria dos produtos começa nas pré-montagens, onde são efetuadas operações de preparação dos componentes para montagem e assemblamento de pequenos subconjuntos, por vezes comuns a vários componentes da linha de transportadores, que implicam normalmente operações mais minuciosas e relativamente mais demoradas tais como cortar, furar, estampar e cravar perfil, escarear, limpar etc.. Estas pré-montagens são uma grande mais-valia na capacidade de resposta ao cliente, pois estando estas sempre disponíveis, controladas por um stock mínimo, a montagem do produto final é feita com muito maior rapidez.

Estas pré-montagens podem ter dois destinos, os produtos com grande rotatividade ficam no supermercado, os restantes seguem para o armazém.

De seguida, aquando de uma ordem de montagem de um produto, estas pré-montagens bem como os restantes componentes necessários à montagem são encaminhados pelo operador logístico para a bancada de montagem correspondente. Este fluxo é demonstrado esquematicamente na Figura 16.

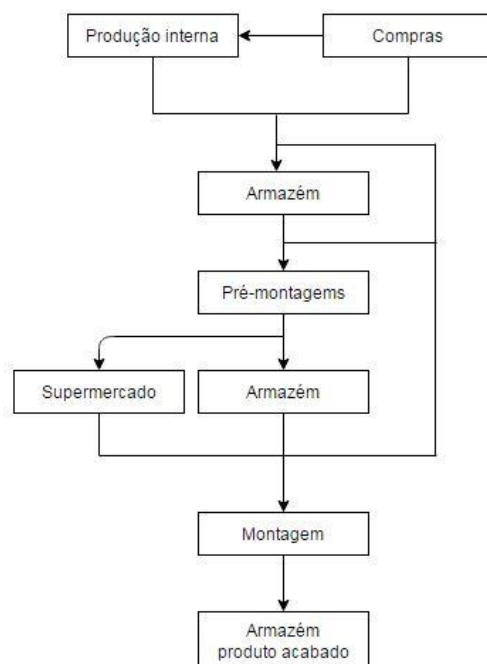


Figura 16 – Fluxo dos componentes para montagem

Atualmente, a montagem é efetuada pelo operador com recurso ao desenho de conjunto 3D disponível no computador da bancada, sendo esta a única ferramenta técnica de ajuda à montagem, o procedimento e tempo da montagem não é estipulado variando assim de operador para operador e até no mesmo operador.

- **Fluxo de perfil deslizante**

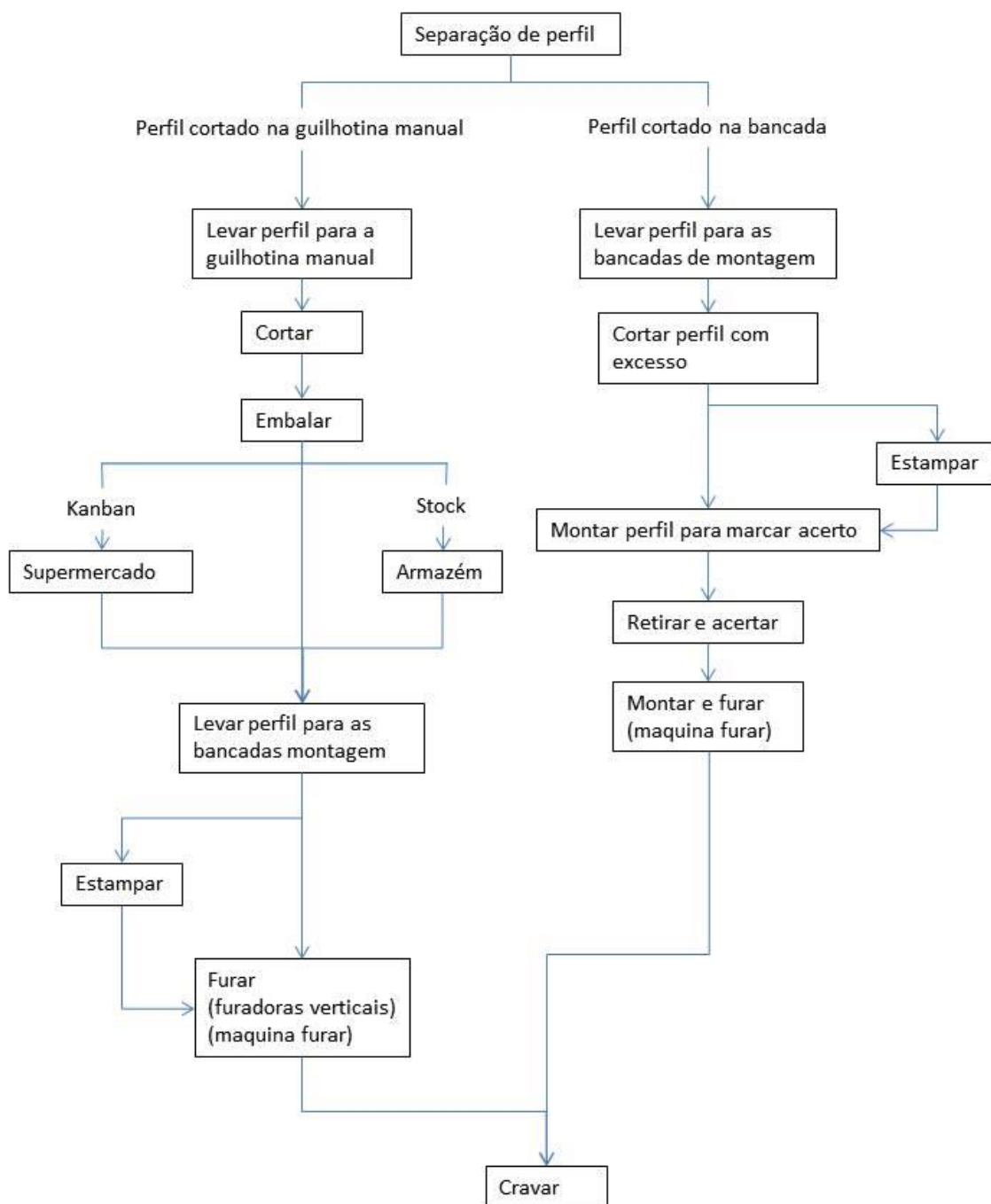


Figura 17 – Fluxo do perfil deslizante

Como referido anteriormente, as operações realizadas no perfil deslizante são das mais demoradas e de maior variabilidade. Estas operações variam de tipo (corte, estampagem, furação), do local onde são realizadas e da sequência de operações.

As operações a que o perfil é sujeito são:

- Corte – Cortar o perfil no comprimento desejado, que varia com o componente que vai integrar.
- Estampagem – O perfil é sujeito a um entalhe ao longo de uma determinada distância do seu comprimento. Esta distância varia também com o componente que este vai integrar.
- Furação – O perfil é furado para permitir a fixação ao componente com o auxílio de rebites. A distância entre furos, assim como o número de furos em cada unidade de perfil, varia com o componente a que é destinado.

Como mostra o diagrama acima representado (Figura 17), o perfil pode ter três diferentes destinos

1. Bancadas de montagem
2. Armazém (stock)
3. Supermercado (kanban)

1) Bancadas de montagem

O perfil que tem como destino as bancadas de montagem pode ser cortado na própria bancada ou na máquina manual de corte de perfil.

➤ Bancada:

Se o perfil é cortado nas bancadas de montagens é utilizado para o efeito um alicate de corte perpendicular, as operações desde o corte até à operação final (cravar) são:

- ✓ Montar perfil no componente
- ✓ Cortar um pouco maior
- ✓ Marcar comprimento certo
- ✓ Retirar perfil
- ✓ Cortar (alicate de corte perpendicular)
- ✓ Estampar (caso necessário), deslocando-se à quinadora manual
- ✓ Furar perfil

O perfil pode ser furado de duas formas:

- Furadora de coluna vertical

Normalmente para perfis com distância do furo à extremidade do perfil normalizada (28 mm) que com o auxílio de um molde adequado permite fazer a furação antes de montar o perfil.

- Furadora manual (máquina de furar)

O perfil é montado no componente e com o auxílio de uma lanterna para identificar o local do furo (no caso do perfil 023 que é opaco), é feita a furação com a máquina de furar manual.

- ✓ Cravar

➤ **Máquina manual de corte de perfil**

Se o perfil for cortado na máquina manual de corte de perfil, o comprimento já está marcado numa régua de medida e procede-se assim ao corte. Este perfil, depois de cortado, segue o seguinte processo até à operação final (cravar):

- ✓ Estampar (caso necessário), deslocando-se à quinadora manual
- ✓ Montar perfil no componente
- ✓ Furar
- ✓ Cravar

Esta máquina manual de corte de perfil tem a limitação de que não dá para cortar perfis de comprimento 3m utilizado nos troços de 3m.

As ordens de corte são dadas pelo chefe da secção que ao analisar as ordens de fabrico verifica se é necessário perfil cortado e encarrega um colaborador para esta tarefa.

2) Armazém (stock)

Todo o perfil produzido para stock é cortado na máquina manual de corte de perfil, sendo o seu fluxo o do perfil cortado na máquina manual, seguindo para armazém, que mais tarde irá ser encaminhado para as montagens.

3) Supermercado (kanban)

O fluxo do perfil com este destino é igual ao do perfil produzido para stock, apenas não chega a passar pelo armazém.

De referir ainda que, o processo de montagem do perfil difere destes acima enunciados caso o componente seja em angulo, como por exemplo as curvas, as duas laterais (interior e exterior) quando separadas uma da outra (antes de as montar com as uniões), não têm o angulo precisamente correto, sendo assim necessário montar as laterais, montar o perfil e furar, e de seguida desmontar as laterais para poder cravar. Depois do perfil cravado pode proceder-se novamente à união das laterais e prosseguir a montagem.

• **Dificuldades/entraves nas montagens**

Nesta fase, as dificuldades dos operadores nas montagens dependem do operador e se é ou não experiente na montagem do componente em questão. Um operador experiente na montagem de determinado componente, não tem dúvidas na montagem do mesmo, pois normalmente utiliza o seu procedimento que foi adquirindo ao longo do tempo, embora possa não ser o mais eficaz. Um operador que nunca tenha montado o equipamento, ou já não faça a montagem do mesmo há muito tempo, tem dúvidas até sobre por onde começar, que operações realizar e que sequencia fazer, tendo mesmo que, por vezes, voltar atrás na montagem desmontando até alguns componentes para poder prosseguir na montagem.

As maiores dúvidas comuns à maioria dos colaboradores, além de qual o melhor procedimento de montagem, está nos pormenores, tais como: de que forma se deve fazer a limpeza da peça, se utilizar massa nos parafusos ou não, o uso ou não de teflon etc. e ainda de quanto tempo, em média, deve ser a duração da montagem.

“Standard work” (montagens)

No âmbito do standard work, uma das ferramentas kaizen, existe a necessidade de normalizar as tarefas, ou seja, criar normas e treinar os colaboradores nas mesmas. As normas são de extrema importância, uma vez que são a base da formação e treino dos colaboradores e permitem manter as melhorias efetuadas e preparar novas melhorias.

Para a criação de um “standard work” para as montagens standard, em particular o procedimento de montagem, foram observados, para cada produto, diversas montagens de vários operadores e retirados apontamentos como: tempos, sequencias, técnicas, pormenores e principais dificuldades.

De seguida, apurada uma sequencia, ainda que em forma de rascunho da forma de montagem aparentemente mais eficaz, em conjunto com o responsável pela secção das montagens e a cooperação dos colaboradores foi definido aquele que seria o procedimento base de montagem do componente em questão.

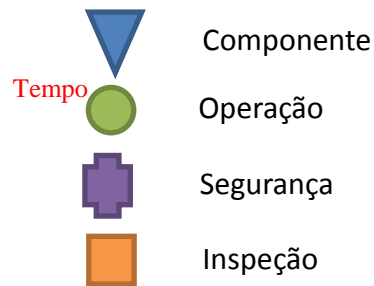
Havia agora a necessidade de representar esse procedimento e transmiti-lo aos colaboradores.

O “Lean Enterprise Institute” propõe uma tabela chamada de “Job Instruction sheet” como mostra a Figura 18, onde se define o número e a descrição da operação, nota de qualidade, nota de pormenor da operação e o tempo de execução. Esta folha inclui ainda o lay-out do local de trabalho.

Job Instruction Sheet		Part #		Required Quantity:	Date:	Dept. /Location:		Team Leader:	Supervisor:
		Part Name				Prepared By:			
#	Step	Quality Check		Note	Time	Takt Time	Cycle Time	STD WIP	◇ Quality ✦ Safety ● STD WIP
		Sampling	Tool						
Total									

Figura 18 – Folha de instrução de trabalho (Lean Enterprise Institute).

Baseado nesta folha de trabalho acima indicada, e adotando uma abordagem mais esquemática visto que a montagem é um processo de introdução de componentes e assemblamento dos mesmos, optou-se então por fazer a representação através de um diagrama na forma de gozinto, um esquema e tempos de montagem com a seguinte simbologia:



Traçado o esquema base de montagem, componente a componente até ao produto final, procedeu-se á medição do tempo de cada operação de um determinado colaborador.

Este “standard work” base criado, à medida que os colaboradores o iam conhecendo e utilizando, sofreu alterações de melhoria sugeridas principalmente pelos colaboradores, estas sugestões foram analisadas e aplicadas caso se justificasse.

Gozinto de montagem

De seguida será apresentado o gozinto de montagem de um produto exemplo, no caso, a curva 90° do transportador JPM 023.

A montagem começa com o componente “Suporte inferior”, Figura 19, onde está presente o símbolo de componente, o nome e referência do mesmo:



Figura 19 – Esquema de montagem (gozinto)- primeiro passo da montagem.

De seguida é apresentada a operação a realizar neste suporte, o símbolo de operação, a descrição e o tempo demorado, no caso, 3 minutos.

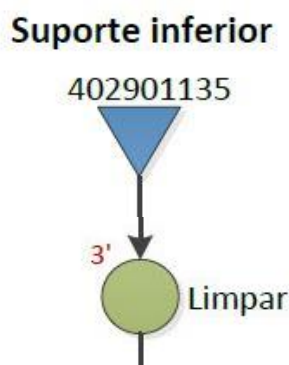


Figura 20 – Esquema de montagem (gozinto) - Operação realizada no componente.

O próximo passo consiste em limpar as quatro “União”, que demora 3 minutos, tirar o plástico e limpar os dois “Suporte Fix. Blindagem” com a duração de 30 segundos, e com o “Kit lateral int. dir.” e o “Kit lateral int. esq.” Aparafusar ao “Suporte inferior”, operação que demora 2 minutos e 30 segundos.

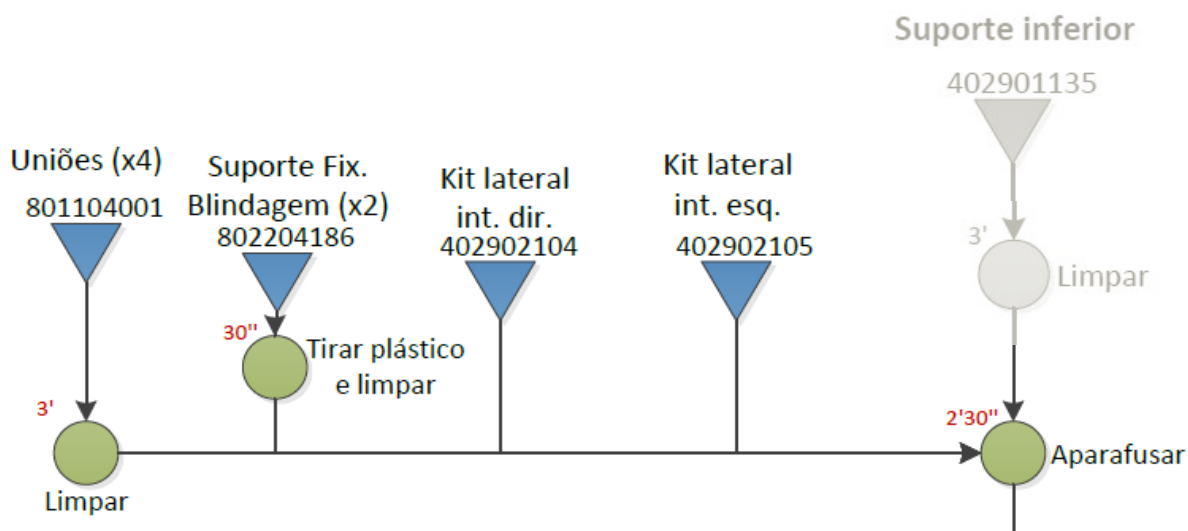


Figura 21 – Esquema de montagem (gozinto) – Conjunto de componentes a assembler.

O passo seguinte consiste em aparafusar a este conjunto, o “Kit lateral exterior curva”, que demora 2 minutos como mostra a Figura 22.

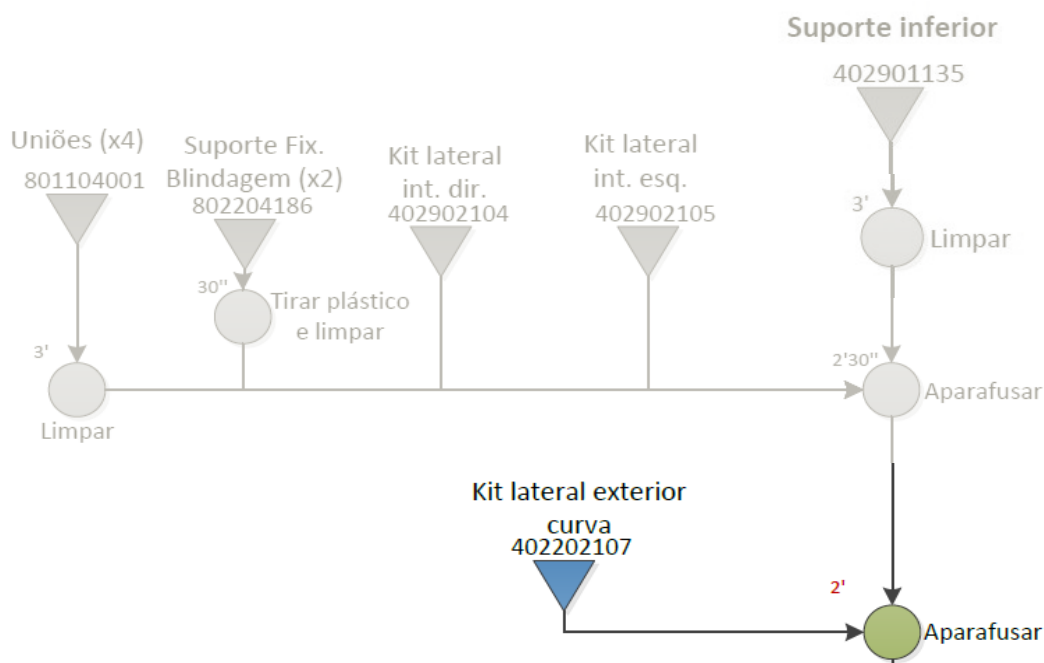
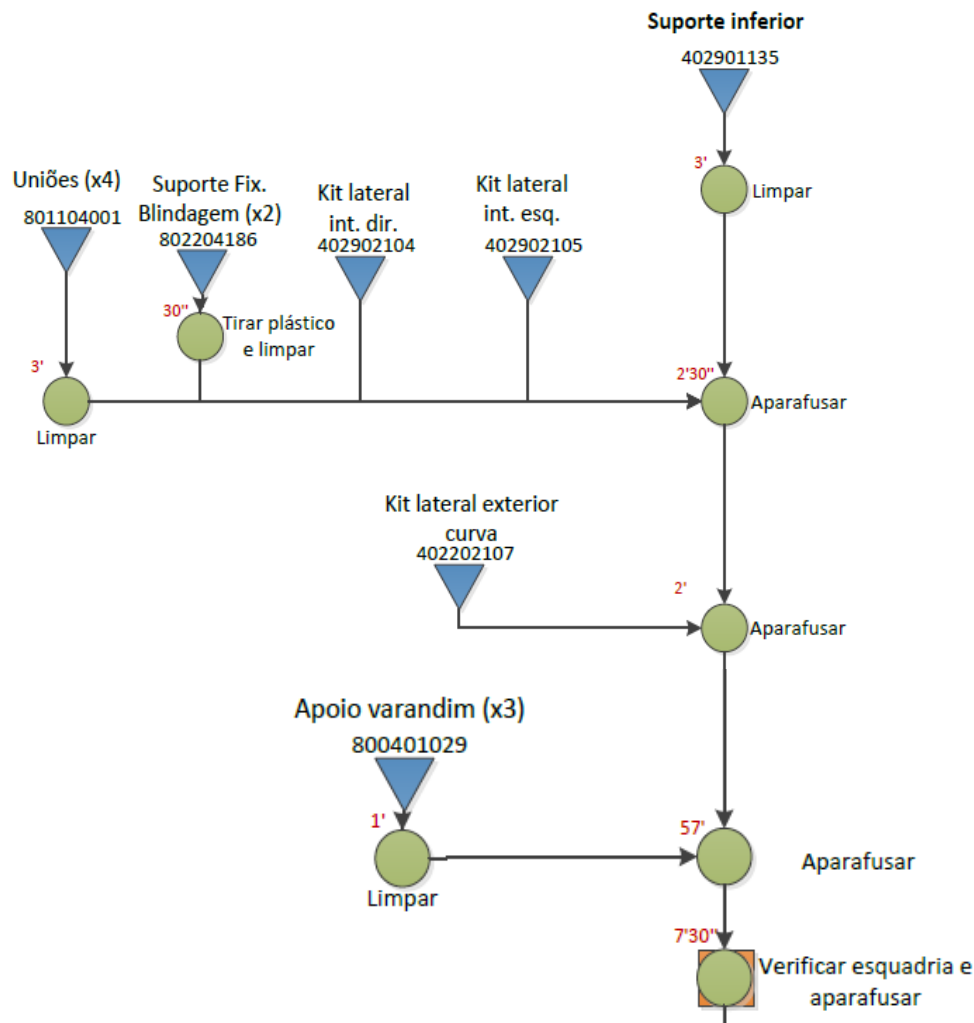


Figura 22 - Esquema de montagem (gozinto) – montagem “Kit lateral exterior curva”.

Os três “Apoio varandim” são agora limpos e seguidamente aparafusados ao conjunto. A operação seguinte é de inspeção com operação, ou seja, deve-se verificar a esquadria do

conjunto desapertando os parafusos caso seja necessário ajustar, esta operação deverá não durar mais que 7 minutos e 30 segundos.



O procedimento segue assim sucessivamente até ser obtido o conjunto final (Curva 90° JPM023). Este “standard work”, assim como o de embalagem deste mesmo componente, são apresentados na sua totalidade no anexo A.

Implementação do “standard work”

Esta representação do “standard work” serve para análise interna e documentação, a sua transmissão para os colaboradores para que estes o adotassem e facilmente o seguissem foi uma tarefa de grande importância pois esta fase de exposição e mudança na forma de operar poderia criar alguma dificuldade de interpretação e resistência em ser seguido por parte dos colaboradores.

A forma adotada para transmitir aos colaboradores o “standard work” foi, com base ainda na folha “job instruction”, uma apresentação em PowerPoint com todos os passos da montagem do componente com base no gozinto acima referenciado.

A apresentação consiste num primeiro slide em que é mostrado a localização das operações no espaço como mostra a Figura 24, ou seja, o local de trabalho devidamente identificado por zonas de realização das diferentes operações durante o processo de montagem.

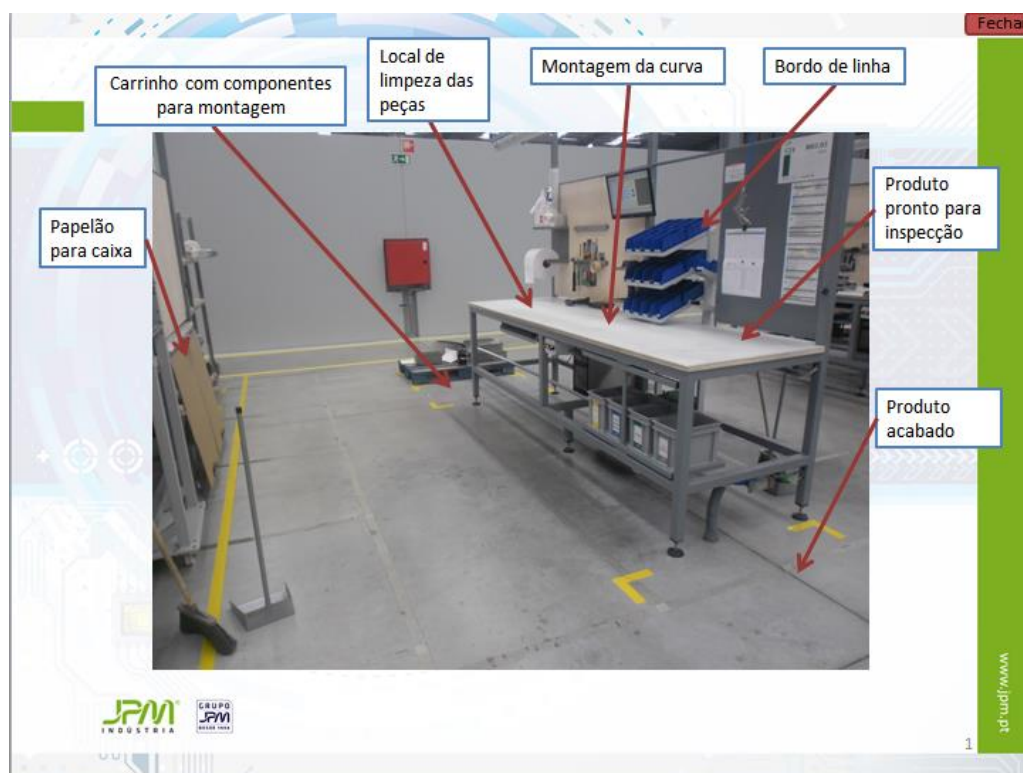


Figura 24 – Apresentação do “standard work” – Localização no espaço curva 90° JPM023.

O segundo slide (Figura 25) contém a informação sobre a localização no tempo da montagem a efetuar, mostra o esquema da montagem (gozinto), e o tempo total em que esta deverá ser feita.

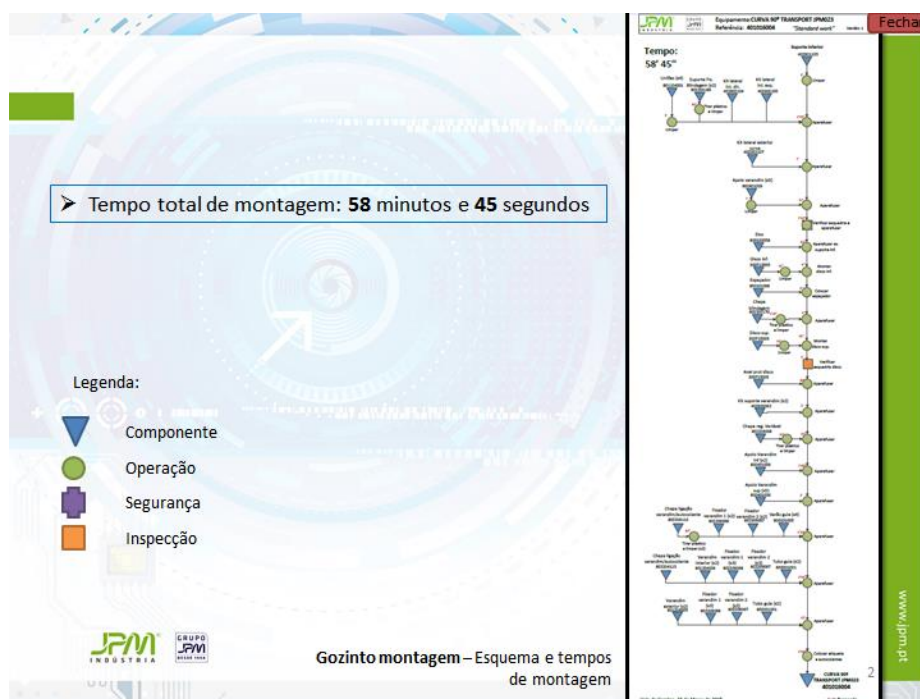


Figura 25 - Apresentação do “standard work” – Localização no tempo curva 90° JPM023.

Os slides seguintes dizem respeito à montagem propriamente dita, aparece ao centro todos os passos pelos quais a montagem é constituída (operação), com os componentes inseridos de cor amarela para melhor se perceber que passo se está a executar.

À esquerda os componentes que se inserem nesse passo, com o respetivo nome, referência e operação caso seja necessário sofrerem alguma antes de ser assembled à montagem.

À direita, notas importantes como a descrição mais pormenorizada da operação, informação de inspeção, técnica de montagem relevante, informação de segurança entre outras. No caso de o assembly de um ou mais componentes necessitar de diferentes parafusos, aparece um pormenor de informação do local de cada tipo de parafuso.

Está ainda disponível em todos os slides um botão “Abrir desenho de conjunto” que abre o desenho 3D (eDrawing) de conjunto da montagem, bem como botões de navegação da apresentação.

Na Figura 26 são apresentados os primeiros passos da montagem, tal como se mostra no gozinto acima, da curva 90° JPM023.

Como se pode observar, a primeira operação é “limpar o suporte inferior” de referência “402901135” e com a descrição desta operação como sendo “Retirar filme e limpar com protetor ceroso para retirar marcas de dedos etc”.

Segue-se a operação dois “tirar plástico e limpar” (x2), pois é uma para o lado esquerdo e outra para o lado direito, ao “suporte fix. Blindagem”. Colocado juntamente com o “Kit lateral int. esq” e “Kit lateral int. dir.” no suporte inferior, segue-se a terceira operação que é limpar as 4 “uniões” e de seguida aparafusar (operação 5). Como se pode observar na

imagem, os componentes que foram adicionados à montagem estão a amarelo e os parafusos são mostrados numa vista em pormenor.

A operação 4 está a vermelho pois é uma nota de montagem muito importante visto ser um erro observado várias vezes.

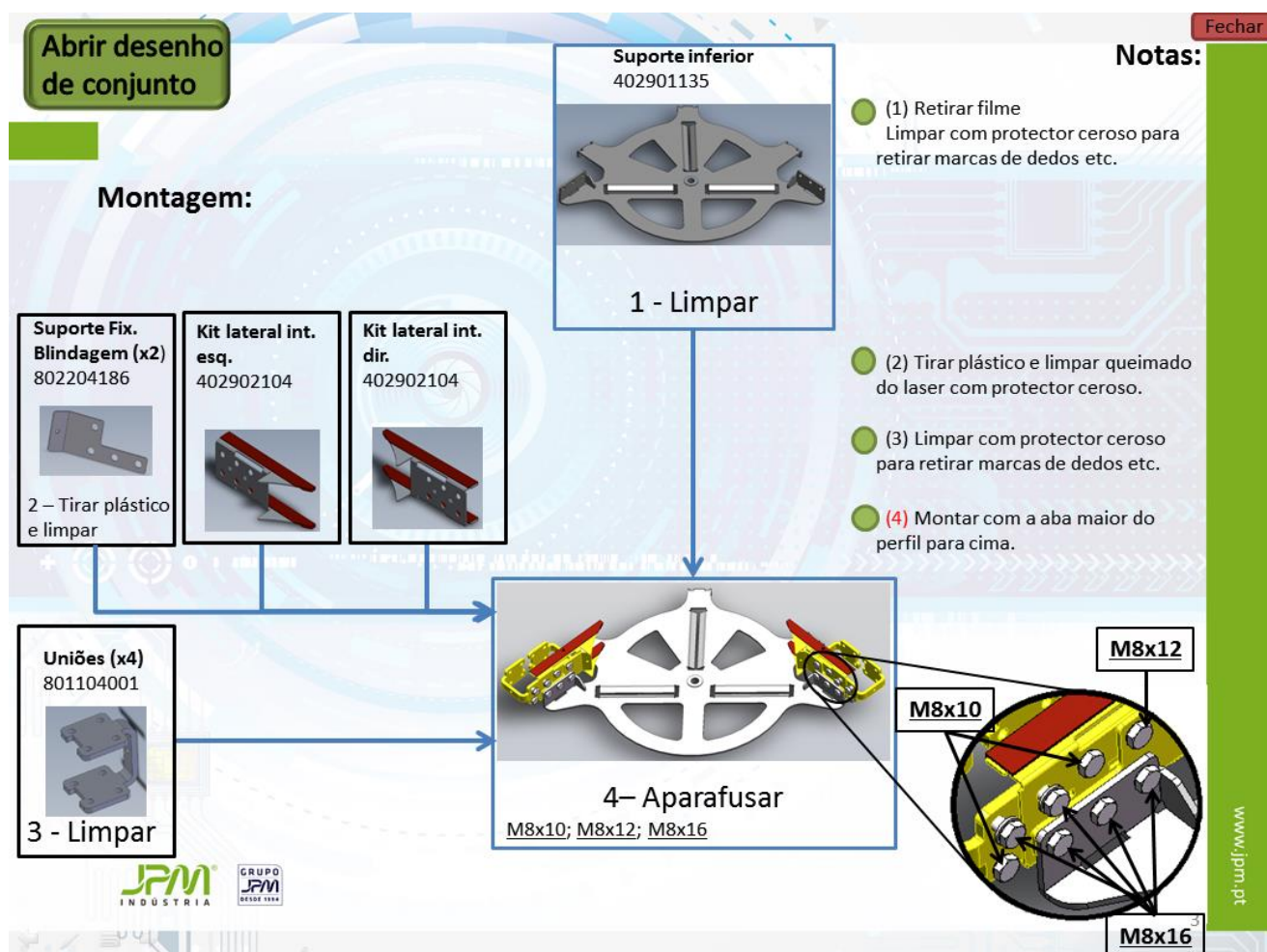


Figura 26 - Apresentação do “standard work” – Instrução de montagem curva 90° JPM023.

A montagem segue assim sucessivamente avançando slide a slide até o conjunto estar completo. A apresentação da montagem completa bem como a do embalamento encontram-se disponíveis no anexo B.

Antes da implementação do “standard work” foi dada formação aos colaboradores sobre o que é o “standard work”, o que traz de novo, principais vantagens e o enquadramento desta temática no conceito de melhoria contínua. Foi ainda explicado como deve ser seguido o “standard work” da montagem dos equipamentos (iniciação e seguimento da apresentação) e informado de que em cada bancada está disponível uma folha de dúvidas/melhorias (anexo C) que deve ser preenchida caso assim considerem pertinente, ou chamando o responsável pela secção das montagens para lhe ser transmitida a dúvida ou melhoria.

Como o “standard work” se relaciona diretamente com a filosofia de melhoria continua, ao criar o “standard work” de montagem para cada produto, foram identificadas e propostas melhorias não só na sequência de montagem como no processo de fabrico, como alterações no fluxo do produto, criação de moldes e gabaritos de auxílio ao fabrico e montagem do produto em causa.

Melhorias no processo de fabrico e moldes de auxílio à montagem

O caso de, por exemplo, o “Rejeitador de sopro 3 bicos”, que ao criar o seu “standard work” de montagem foram identificadas operações que tinham um tempo de execução muito elevado e que se destacavam de todas as outras como mostra o gráfico da Figura 28 resultante da folha “job instruction” (Figura 27):

Folha de instrução de trabalho			Equipamento	REJEITADOR SOPRO 3 BICOS JPM023 COM CESTO
			Referência	400301007
			Operador	
Nº	Tarefa	Tempo (min)	Valor Acrescentado	Nota
Subconjunto principal (troço)				
1	Desaparafusar uniões	2		
2	Furar perfil	2		
3	Cravar perfil	5		
4	Aparafusar uniões	2	2	
5	Verificar esquadria	2		
6	Aparafusar suporte varandim	2	2	
7	Montar varandim	5	5	
8	Montar chapa de afinação	6	6	
9	Montar dissipadores e joelho no repartidor de 3 saídas	10	10	Montar dissipadores com teflon
10	Fixar ao varandim	5	5	
11	Cravar e pingar fêmeas na chapa suporte fotocélulas	28		
12	Aparafusar células fotovoltaicas	7	7	
13	Fixar ao varandim	5	5	
	total subconjunto	81	42	
Subconjunto cesto				
14	Montar rede na chapa de apoio rede	10	10	
15	Montar rede na chapa de suporte fixação	4	4	
16	Aparafusar chapa suporte cesto com espaçadores	6	6	
17	Aparafusar suporte ligação cesto	5	5	
18	Aparafusar subconjunto cesto ao subconjunto principal	2	2	
	total subconjunto	27	27	
Subconjunto unidade de ar				
19	Montar chapas ligação na chapa principal	8	8	
20	Montar electroválvula e aparafusar na chapa principal	9	9	Colocar massa nos parafusos de fêmea autoblocante
21	Furar caixa para bucin e fixação	21		Utilizar molde em chapa
22	Montar bucin e calha interior	20		
23	Montar componentes electricos e aparafusar caixa à chpa principal	7	7	Colocar massa nos parafusos de fêmea autoblocante
24	Montar regulador de pressão e aparafusar à chapa principal	6	6	Colocar massa nos parafusos de fêmea autoblocante
25	Montar tubos de ar	7	7	
26	Aparafusar unidade de ar com o suporte fixador ao subconjunto principal	3	3	
	total subconjunto	81	40	
Montagem final				
27	Montar fios electricos	20	20	
28	Testar	5		
	Total	214	129	
Percentagem de valor acrescentado		60	%	

Figura 27 – Folha de instrução de trabalho “Rejeitador sopro de 3 bicos JPM023”

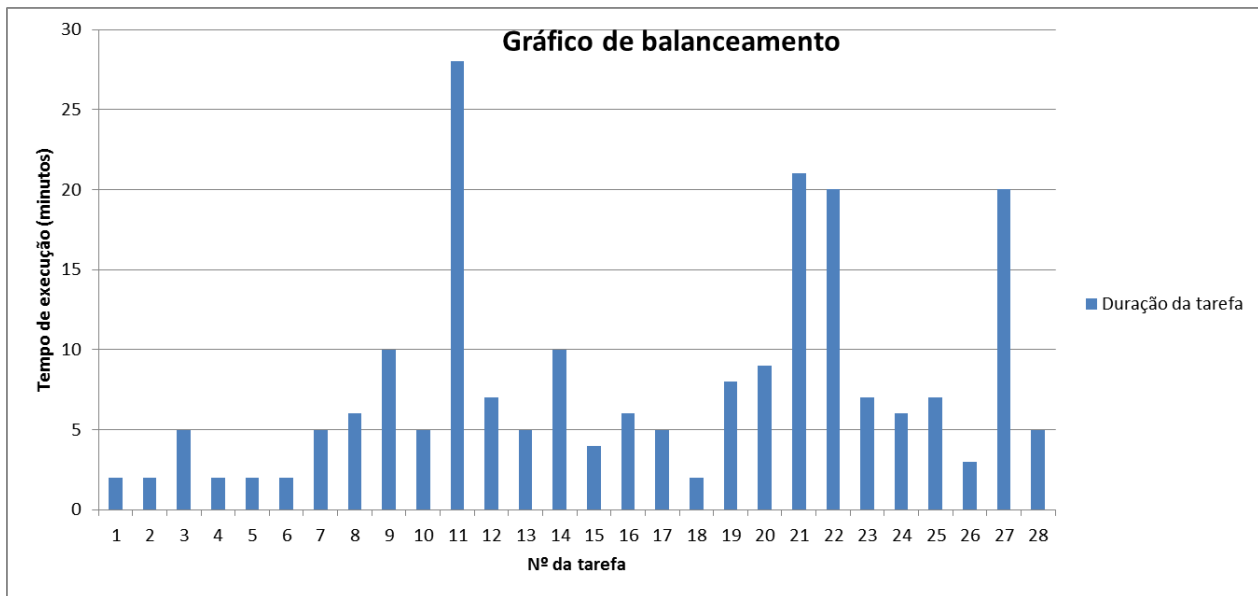


Figura 28 – Gráfico de balanceamento “Rejeitador sopro de 3 bicos JPM023”

Pode assim verificar-se que, as operações 11 (cravar e pingar fêmeas na chapa suporte fotocélula), 21 (furar caixa para bucin e fixação) e a operação 22 (montar bucin e calha interior) podiam ser melhoradas por forma a reduzir o tempo de execução.

As melhorias propostas foram:

➤ Operação 21 – Furar caixa para bucin e fixação

A dificuldade estava em localizar os furos na caixa corretamente para que os bucin's apertassem na mesma sem interferência das paredes da caixa.

A sugestão proposta foi criar um molde em chapa com a furação correta que encaixasse na caixa de apenas uma forma permitindo assim fazer a furação.

➤ Operação 22 – Montar bucin e calha interior

A calha interior a aparafusar dentro da caixa, vem para a bancada em barras de 2m, sendo que é necessário o operador deslocar-se ao fundo da fábrica à máquina de corte para a furar e cortar em comprimentos de 20 cm. A maior dificuldade estava em o operador como não utilizar essa máquina frequentemente e assim não saber como funcionar corretamente com ela.

A sugestão de melhoria proposta foi criar uma ordem de fabrico para cortar um determinado número de calhas por alguém que saiba operar esta máquina.

Outra solução que resolveria estas duas, já que ambas pertencem à montagem de um conjunto de pneumática, seria fazer a montagem deste subconjunto na secção de automação já que os operadores nesta área estão mais familiarizados e têm ferramentas mais adequadas com este tipo de operações.

➤ Operação 11 – cravar e pingar fêmeas

Há uma grande dificuldade em cravar as fêmeas M6, sendo assim necessário ir á secção de soldadura para as soldar à chapa.

A sugestão proposta foi, ou adquirir uma máquina de cravar fêmeas, ou fazer a furação da chapa com um diâmetro de 8mm e não de 7.75mm para permitir uma melhor fixação.

Gabarito de montagem das curvas 45° e 90° transp. JPM024

A montagem das curvas de 45 e 90° do transportador do tipo 024 mostrou-se, na criação do seu “standard work”, ser ainda bastante ineficiente principalmente no que toca à montagem do perfil deslizante.

Como estas curvas são “articuladas”, as laterais da curva não possuem o angulo correto sem estarem montadas e como para furar e cravar o perfil nas laterais estas têm de estar no angulo correto, é necessário montar as laterais com as uniões para se proceder à furação e cravamento destas.

A operação de corte do perfil é também ainda efetuada pelo colaborador da bancada de montagem.

O colaborador tem assim de montar as laterias, colocar o perfil, cortar um pouco maior e marcar o acerto e o local do perfil de estampagem. De seguida desloca-se à maquina de corte de perfil manual e corta o perfil, os restantes perfis da ordem copia pelo primeiro. Cortados os perfis, o colaborador desloca-se à quinadora manual para os estampar. O próximo passo é montar todos os perfis novamente (um de cada vez) nas laterais já montadas e furá-los.

Como para cravar o perfil as laterais não podem estar montadas, é necessário desmontar as laterais da curva e finalmente cravar o perfil na lateral. Estas laterais são agora montadas pela última vez e conclui-se assim a montagem da estrutura da curva faltando o varandim (guias das embalagens) que é montado posteriormente aquando da encomenda. A Figura 29 mostra o procedimento de montagem até agora utilizado:

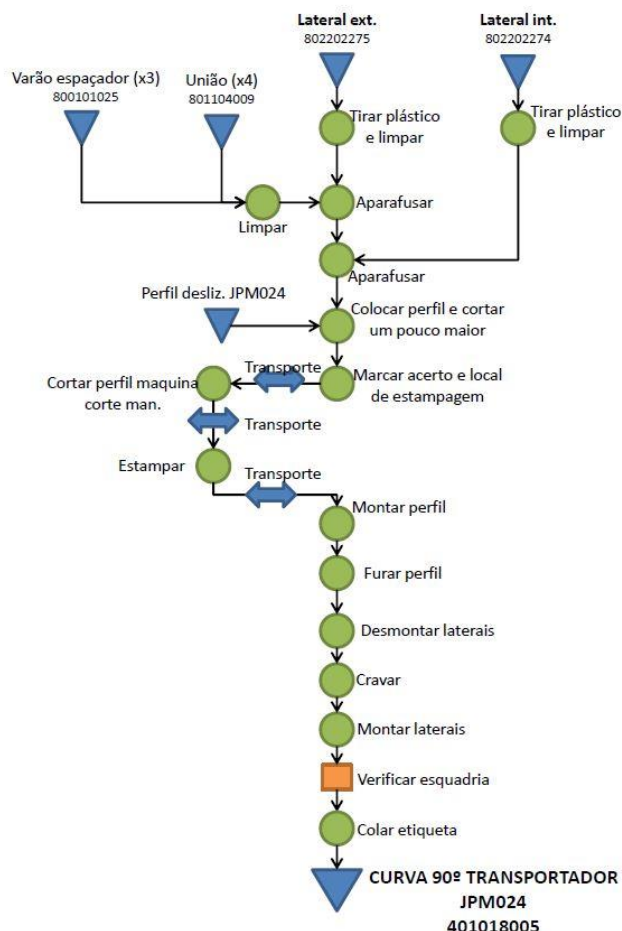


Figura 29 – Esquema de montagem praticado atualmente

A proposta de melhoria deste processo foi quando houver uma encomenda, o responsável pela secção delega um colaborador da secção de corte que corta e estampa o perfil previamente para que o colaborador da montagem não tenha que se deslocar à secção de corte do perfil.

Para fazer a montagem das laterais, para não ter que montar as duas laterais (interior e exterior) para furar o perfil, desmontar para cravar e voltar a montar, foi proposto um molde para a lateral interior e outro para a exterior como mostra a Figura 31 e Figura 30, que fixa as laterais no ângulo correto e permite cravar. Assim, eliminam-se duas operações, a de montar e desmontar as laterais.



Figura 31 - Molde exterior curva 90º JPM024

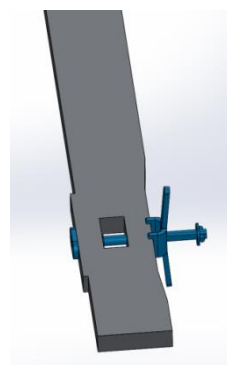


Figura 30 – Pormenor molde

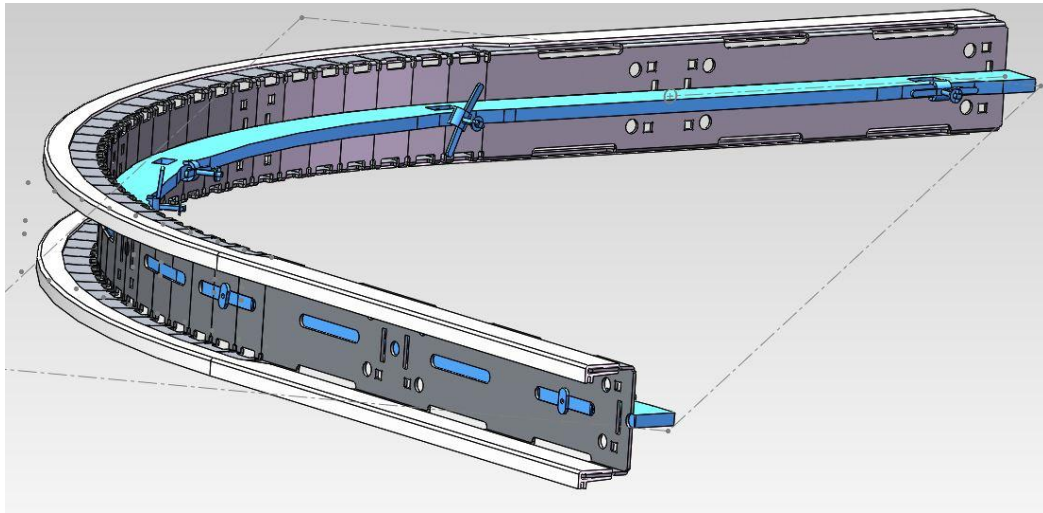


Figura 32 – Molde interior montado na lateral curva 90° JPM024

Colocar de seguida o varandim, eliminando assim dois transportes de ida e volta ao armazém.

Encostando o molde à lateral e rodando a tranqueta, que tem duas posições (aberta e fechada), aberta quando a chapa interior está na horizontal que permite com que esta passe no rasgo da lateral, e fechada quando está na vertical que faz com que não passe no rasgo e tranque a lateral ao molde. Rodando as seis tranquetas a curva fica totalmente fixa ao molde que lhe dá o ângulo correto (90° neste caso). Este molde, como se posiciona ao centro da lateral da curva, permite cravar o perfil com o molde no sítio e ainda unir com a outra lateral.

Se o prazo da encomenda for muito curto, pode fazer-se uma célula de montagem, ou seja, um colaborador coloca as laterais no molde, fura e crava, outro colaborador monta as laterais e outro coloca o varandim.

A montagem da curva tem então como “standard work” o procedimento como mostra a Figura 33

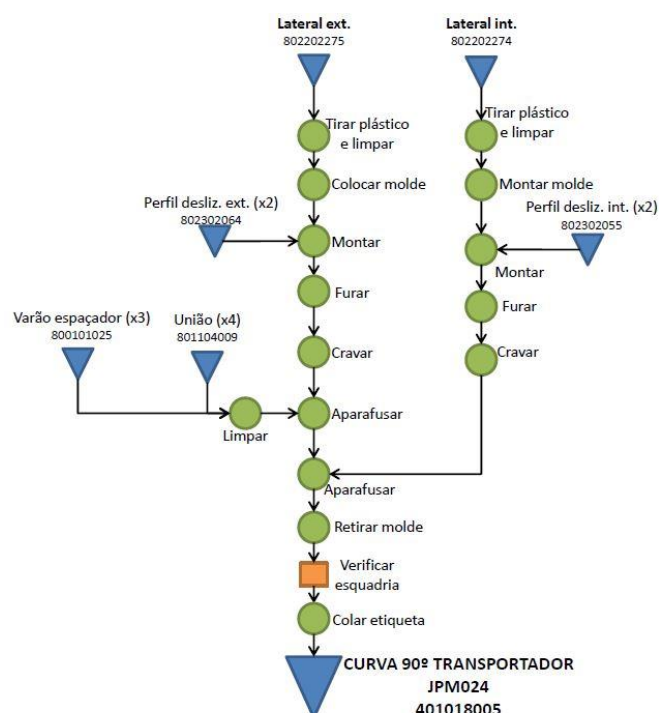


Figura 33 – Esquema de montagem Proposto Curva 90° JPM024

Com esta melhoria eliminam-se três operações de transporte e uma das operações de montar e desmontar as laterais da curva.

A criação de “standard work” de alguns produtos, levantou a necessidade de rever todo o processo de fabrico para acompanhar e registar todas as operações que sofrem as peças não só na montagem mas em todo o processo de fabrico, desde o corte, quinagem, decapagem, soldadura, roscagem, escarear, cravar fêmeas etc. pois algumas destas operações, nalguns componentes, ainda se realizam nas bancadas de montagem.

Estas operações que se enquadram no âmbito do fabrico devem desaparecer totalmente da secção da montagem, assim, foram revistas as ordens de fabrico de cada componente dos produtos analisados e criadas gamas operatórias e novas ordens com estas operações bem como estabelecidos lotes de produção destas mesmas peças. A ordem de fabrico fica assim associada à referência da peça e não ao componente que ela integra, permitindo uma melhor gestão do fabrico das peças visto que a mesma peça pode pertencer a vários componentes.

Assim, algumas operações deste tipo já não são realizadas aquando da montagem e sim do fabrico, reduzindo o tempo de montagem e a necessidade de disponibilizar ferramentas na montagem como brocas, escareadores, machos etc.

3 Projeto de máquina de corte de perfil

O projeto da máquina de corte de perfil surge de, como enunciado anteriormente, aquando da observação das montagens dos equipamentos verificar que o perfil deslizante apresentava uma grande ineficiência e variedade de operações e do local onde estas são executadas. Em ordem à eliminação desta ineficiência e variedade, propôs-se o projeto de uma máquina automática que realizasse estas operações de preparação do perfil de uma só vez e num só local.

As operações que o perfil pode sofrer na sua preparação desde a matéria-prima, rolo de 40m no caso do perfil 023 e barras de 3m no caso dos perfis 021 e 024 são:

- **Corte** – Cortar o perfil transversalmente ao longo de toda a sua largura com recurso a uma lâmina de corte criando assim pedaços de perfil com o comprimento desejado, que varia com o componente que vai integrar (Figura 34).

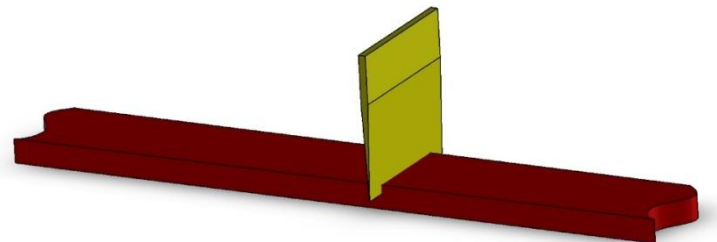


Figura 34 – Operação de corte

- **Estampagem** – O perfil é sujeito a um entalhe ao longo de uma determinada distância do seu comprimento. Este entalhe faz com que o perfil permita fazer curva sem que haja enrugamento do mesmo. Esta distância varia também com o componente que este vai integrar (Figura 35).

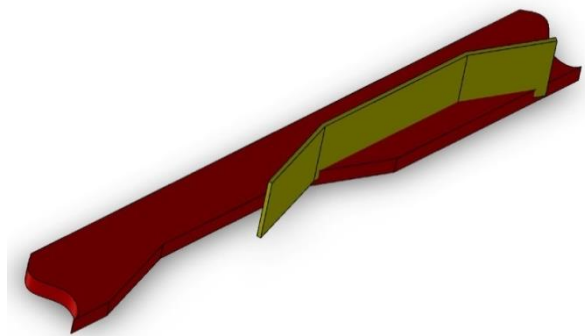


Figura 35 – Operação de estampagem

- **Furação** – O perfil é furado, com um diâmetro de furo de 4.25mm, uma ou mais vezes para permitir a fixação ao componente com o auxílio de rebites. A distância entre furos, assim como o número de furos em cada unidade de perfil, varia com o componente a que é destinado (Figura 36).

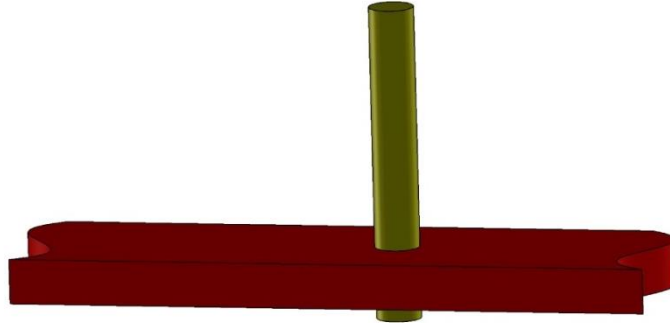


Figura 36 – Operação de furação

A máquina terá que apresentar uma grande precisão na execução destas operações, nomeadamente nas distâncias entre cortes e entre furos pois só assim os furos do perfil ficarão concêntricos com os furos da chapa do componente onde este vai ser montado. A distância entre cortes (que dará o comprimento do perfil) terá também que ser precisa pois só assim se garantirá que a superfície do topo do perfil coincida com a da chapa do componente que já apresenta uma distância de folga para que o perfil ao dilatar com o aumento da temperatura possa aumentar o seu tamanho livremente sem enrugar.

Outra distância a controlar é a localização do furo, ou seja, a distância do furo à lateral do perfil para que este encoste totalmente à chapa e o furo esteja concêntrico.

Quanto ao tamanho dos perfis, estes têm comprimento mínimo de 256 mm e máximo de 3m.

A furação do perfil tem que respeitar dois tipos, perfil com furo à frente, e com furo atrás. Como mostra a Figura 37, a aba maior do perfil tem que estar sempre voltada para cima e os dois perfis superiores têm que ter a furação do mesmo lado e oposto aos dois inferiores.

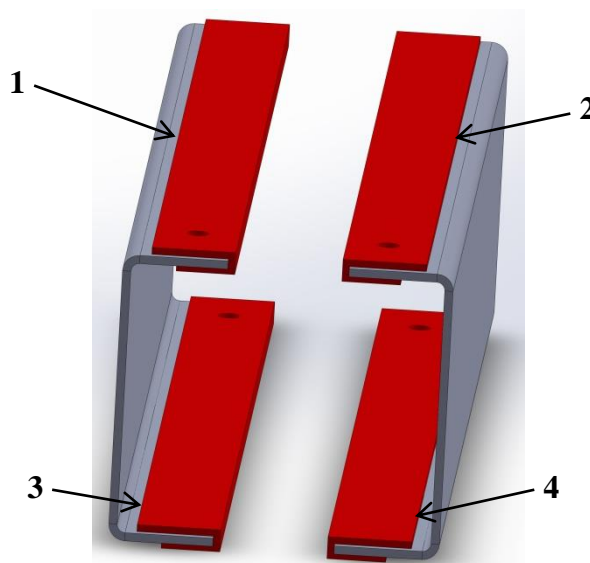


Figura 37 – Montagem do perfil no componente

Assim, como se pode observar, o perfil 1 é igual ao perfil 4 (apenas está rodado 180°) e o perfil 2 igual ao 3. Desta forma, a máquina terá que ser capaz de cortar e furar perfis com furo à frente e atrás. Há ainda casos em que o mesmo perfil terá que ser furado à frente e atrás e ainda em posições intermédias.

Todas estas especificações dizem respeito aos três tipos de perfil existentes nos produtos standard JPM.

Método utilizado - SolidWorks® 2014

O aplicativo SolidWorks® é uma ferramenta CAD de projeto mecânico que aproveita o Microsoft® Windows® como interface gráfica e é amplamente usado na maioria das empresas a nível mundial.

Esta ferramenta é fácil de utilizar e torna possível para os desenhadores mecânicos rapidamente fazerem esboços de ideias e produzir modelos e desenhos detalhados.

Alguns fundamentos teóricos

➤ Ajustamentos

Um ajustamento mecânico consiste na ligação de um veio com um furo, no qual se produz o contacto dos seus elementos ligados.

Os furos, elementos interiores das peças, são caracterizados funcionalmente pelas suas dimensões interiores antes de serem juntadas as peças.

Os veios, elementos exteriores, são caracterizados pelas dimensões antes de serem acoplados.

À dimensão interior de um furo, e exterior de um veio a ser acoplado, corresponde uma dimensão nominal. Às dimensões nominais destes elementos são associadas tolerâncias de acordo com o ajustamento pretendido, que pode ser de três tipos

Ajustamento com folga:

Um ajustamento com folga, acontece quando a dimensão real do furo é sempre superior que a do veio, em que esta folga se encontra desde a folga máxima: $F_{máx} = D_{máx} - d_{min}$ (que corresponde às peças em mínimo material) ate à folga mínima: $F_{min} = D_{min} - d_{máx}$ (que corresponde às peças em máximo material).

Ajustamento incerto ou de transição:

Um ajustamento é incerto quando a dimensão real do furo é por vezes maior, por vezes menor do que a dimensão real do veio. Neste tipo de ajustamento, a folga máxima é positiva e a folga mínima é negativa tratando-se de um aperto máximo.

Ajustamento com aperto:

Num ajustamento com aperto, a dimensão real do furo é sempre menor do que a do veio. O aperto é o valor absoluto da diferença entre as dimensões do furo e do veio, podendo-se estabelecer que a folga mínima negativa é um aperto máximo e a folga máxima negativa é um aperto mínimo (Simões, 2007).

➤ Acoplamento com chavetas

As chavetas são peças de secção retangular que são inseridas em ranhuras longitudinais (escatéis) de um veio e de um cubo de roda, para imobilização dos mesmos, quando acoplados para transmissão de movimento. A ligação por chavetas é desmontável e estas podem ser do tipo paralelas ou de disco, tratando-se de um enchavetamento livre em translação (Simões, 2007).

➤ Atuadores pneumáticos

Os cilindros pneumáticos são dispositivos que transformam a energia potencial do ar comprimido em energia cinética. Basicamente consistem num recipiente cilíndrico provido de um êmbolo ou pistão. Ao introduzir-se uma certa vazão de ar comprimido, este se expande dentro da câmara e provoca um deslocamento linear. Se for acoplada uma haste rígida ao êmbolo, este mecanismo será capaz de empurrar um corpo, ou simplesmente prendê-lo. A força é proporcional à pressão do ar e à superfície do pistão (1):

$$F = p \times A \quad (1)$$

onde: F = Força

p = Pressão manométrica

A = Área do êmbolo ou pistão

Os atuadores pneumáticos podem ser de três tipos:

- Atuadores rotativos

Convertem energia pneumática em energia mecânica, através de momento tursor contínuo.

- Atuadores oscilantes

Convertem energia pneumática em energia mecânica, através de momento tursor limitado por um determinado número de graus.

- Atuadores lineares

São constituídos por componentes que convertem a energia pneumática em movimento linear ou angular. São representados pelos Cilindros Pneumáticos. Dependendo da natureza dos movimentos, velocidade, força, curso, deve ser selecionado para o uso específico. Estes podem ser:

- ✓ Cilindros de simples ação:

Um movimento é comandado pelo ar comprimido, enquanto o outro ocorre por uma ação oposta, geralmente através de uma mola instalada no interior do cilindro. Esta mola poderá opcionalmente ficar entre o pistão e a tampa dianteira (com mola dianteira) ou entre o pistão e

a sua tampa traseira (com mola traseira). Realiza um trabalho aproveitável somente em um dos sentidos.

- ✓ Cilindros de dupla ação:

O pistão é acionado pelo ar comprimido em ambos os cursos. Realiza trabalho útil nos dois sentidos do movimento.

- ✓ Cilindros com haste passante:

Possuem saída de haste nas duas extremidades, proporcionando uma melhor orientação do conjunto, facilitam a colocação de excêntricos ou fins de curso quando há problemas de espaço na área de trabalho, e também apresentam áreas iguais de pistão em ambos os lados.

- ✓ Cilindros de pistão duplo ou tandem:

Consiste em dois cilindros de dupla ação acoplados em série com uma haste em comum, formando uma unidade compacta. Aplicando-se simultaneamente pressão sobre os dois êmbolos, obtém-se uma força de quase o dobro à do cilindro convencional de mesmo diâmetro.

- ✓ Cilindros de dupla ação duplex geminados:

São constituídos por dois cilindros unidos pelas suas tampas traseiras. Estes podem operar independentemente de forma a obter em uma das extremidades da haste, três ou quatro posições de trabalho dependendo se os cursos dos dois cilindros forem iguais ou diferentes. É um dispositivo multiposicionador simples e económico.

- ✓ Cilindros sem haste:

O pistão transmite o movimento para a carga através de um carro acoplado mecanicamente ao pistão. Um sistema de fitas garante uma dupla vedação e evita a entrada de impurezas no interior do cilindro. As variações construtivas deste tipo, incluem guias externas de diversos tipos.

- ✓ Amortecimento de fim de curso:

São dispositivos fixos ou reguláveis, colocados geralmente nas tampas dos cilindros, cuja finalidade é a de absorver a energia cinética das massas em movimento. Conforme os modelos de cilindros, pode-se obter amortecimento dianteiro, traseiro ou duplo. Para uma determinada aplicação, caso seja constatado que o amortecimento seja insuficiente, deve-se utilizar amortecedores hidráulicos de choque.

- ✓ Cilindros com íman incorporado:

Certos tipos de cilindros incorporam um íman no pistão com a finalidade de atuar um sensor magnético, montado na parte externa do cilindro, durante o final de seu curso. Este sinal elétrico é utilizado para comandar outros componentes do sistema, tais como atuadores e

contadores, emitir sinais luminosos, atuar contadores, relês, ou mesmo controlar o seu próprio movimento (Francisco,2013).

➤ Motores passo a passo/servomotores

- Motores passo a passo

Um motor passo a passo é um tipo de motor elétrico usado quando algo tem que ser posicionado muito precisamente ou com uma rotação de um ângulo exato.

Neste tipo de motor a rotação do balancete é controlado por uma série de campos eletromagnéticos que são ativados e desativados eletronicamente.

Os motores passo a passo não usam escovas ou comutadores e possuem um número fixo de polos magnéticos que determinam o número de passos por volta. Os motores de passo mais comuns possuem de 3 a 72 passos/volta, significando que ele leva de 3 a 72 passos para completar uma volta completa. Controladores avançados de motores de passo podem utilizar modulação por largura de pulso para realizarem micropassos, obtendo uma maior resolução de posição e operação mais suave, em detrimento de outras características.

Os motores de passo são classificados pelo torque que produzem. Para atingir todo o seu torque, as bobinas devem receber toda a corrente marcada durante cada passo. Os seus controladores devem possuir circuitos reguladores de corrente para poderem fazer isto.

O controlo computadorizado de motores passo a passo é uma das formas mais versáteis de sistemas de posicionamento, particularmente quando digitalmente controlado como parte de um servo sistema (Industrial Circuits Application Note).

- Servo motores

Os servo motores são também usados em várias aplicações quando se deseja movimentar algo de forma precisa e controlada. Sua característica mais relevante é a sua capacidade de movimentar o braço até uma posição e mantê-lo, mesmo quando sofre uma força em outra direção.

Componentes internos do Servo Motor:

Introdução Circuito de Controle – responsável pelo monitoramento do potenciômetro e acionamento do motor visando obter uma posição pré-determinada.

Potenciômetro – ligado ao eixo de saída do servo, monitora a posição do mesmo.

Motor – movimenta as engrenagens e o eixo principal do servo.

Engrenagens – reduzem a rotação do motor, transferem mais torque ao eixo Principal de saída e movimentam o potenciômetro junto com o eixo.

Caixa do Servo – caixa para acondicionar as diversas partes do servo.

Estes componentes estão posicionados internamente a caixa do servo

O servo motor é alimentado com tensões de 5 V e recebe um sinal no formato PWM (Pulse Width Modulation). Este sinal é 0 V ou 5 V. O circuito de controlo do servo fica monitorando

este sinal em intervalos de 20 ms. Se neste intervalo de tempo, o controlo deteta uma alteração do sinal na largura do sinal, ele altera a posição do eixo para que a sua posição coincida com o sinal recebido (Industrial Electronics & Applications, 2009).

➤ **Processo de fabrico (estampagem)**

- Força de corte em tesoura guilhotina

Os processos de corte são operações que envolvem:

Cisalhamento ou tensão tangencial, ou ainda tensão de corte ou tensão cortante - guilhotinas, tesouras e discos rotativos de vários tipos;

Abrasão - discos de corte, serras de vários tipos e corte por jacto de água;

Fusão - plasma e corte a laser.

Corte por cisalhamento

O corte por cisalhamento é executado colocando-se a chapa e/ou o material a ser cortado entre duas facas de corte de aço especial. A faca inferior é fixa e a superior é dotada de movimento ascendente/descendente. O esforço cortante é produzido pelo movimento descendente da faca superior que, ao penetrar no material a ser cortado, cria:

- 1) Uma zona de deformação;
- 2) O corte por cisalhamento;
- 3) Uma região fraturada com rutura por tração;
- 4) Uma rebarba.

A profundidade de penetração depende da ductilidade e espessura do material a ser cortado.

Quanto mais dúctil o metal a ser cortado, maior a penetração da faca. Contudo, metais dúcteis e muito macios (especialmente chapas finas) tendem a curvar-se na operação de corte por cisalhamento resultando em grande volume de rebarba.

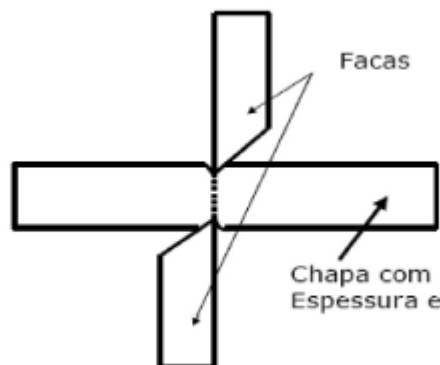


Figura 38 – Corte por facas

Segundo Oehler:

$$F_c = A_c \times 0.8 \times \sigma_R \quad (2)$$

Com:

F_c = Força de corte [N]

A_c = Área de corte (secção resistiva de corte) $l \times e$ [mm²]

σ_R = Tensão de rotura [MPa]

- Furação

Os processos de furação consistem em operações que envolvem os mesmos conceitos básicos dos processos de corte:

- 1) Cisalhamento - Puncionadoras
- 2) Maquinação - Furadoras de brocas
- 3) Fusão - Plasma

A escolha de um determinado processo está diretamente relacionada a:

- 1) Volume de produção (seriada ou artesanal);
- 2) Repetibilidade desejada;
- 3) Forma e dimensão da peça;
- 4) Disponibilidade de recursos.

Furação por cisalhamento

O mecanismo de furação por cisalhamento é idêntico ao do corte por cisalhamento, substituindo-se a faca superior por um punção com o formato do furo que se quer produzir e a faca inferior por uma matriz fixa. As folgas entre punção e matriz não devem superar 10% da espessura (5% por face) para impedir um escoamento excessivo do material para dentro da matriz.

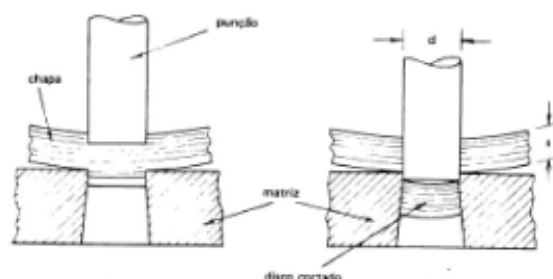


Figura 39 - Puncionamento

$$F_f = p \times e \times 0.8 \times \sigma_R \quad (3)$$

Com:

F_f = Força de furação [N]

p = Perímetro do furo [mm]

e = Espessura do material [mm]

σ_R = Tensão de rotura [MPa]

A geometria da superfície furada varia de acordo com as folgas entre a matriz e o punção.

Com o aumento das folgas, aumenta-se o ângulo de fratura e a rebarba formada pelo corte, e diminui a parte polida (cisalhada).

Folga entre a matriz e o punção

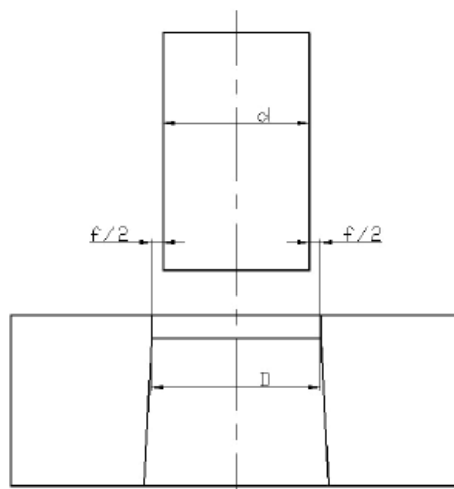


Figura 40 – Folga matriz-punção

Segundo Oehler:

Para $e \leq 3 \text{ mm}$

com σ_R em kgf/mm^2

$$\frac{f}{2} = 0.005 \times e \times \sqrt{0.8 \times \sigma_R} \quad (4)$$

Para $e > 3 \text{ mm}$

$$\frac{f}{2} = (0.01 \times e - 0.015) \times \sqrt{0.8 \times \sigma_R} \quad (5)$$

Logo,

$$D_{matriz} = D_{punção} + f \quad (6)$$

Evolução da máquina até ao projeto final

- **Ideia inicial**

A primeira ideia do que seria a máquina de corte e furação do perfil deslizante, foi esboçada como mostra a Figura 41, em que esta teria apenas um cilindro, e sempre que este atuava, fazia descer a guilhotina de corte e os punções de furação. Caso o perfil fosse de furo à frente, teria que se retirar a matriz/punção da frente. Se o furo fosse atrás, retirar-se-ia a matriz/punção de trás. Sendo o perfil com furo à frente e atrás, não se retirava qualquer punção/matriz.

Esta configuração envolveria tempos de setup muito grandes e constante intervenção no processo de funcionamento da máquina, o que levou a considerar outra configuração.

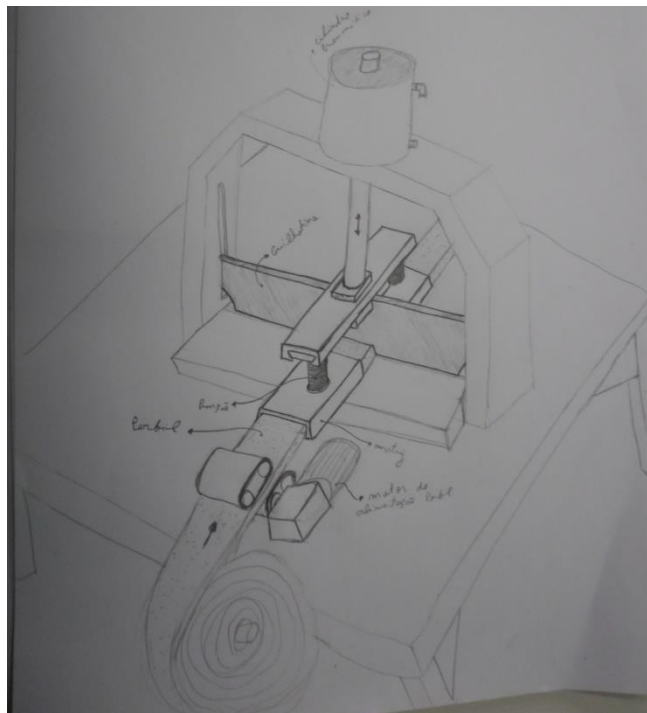


Figura 41 – Esboço ideia inicial da máquina

- **Versão 1**

Ainda baseado na configuração anterior, para evitar retirar as matrizes e punções da máquina consoante a configuração do perfil a cortar/furar, foi pensado, como mostra a Figura 42, em colocar dois tubos quadrados que fariam descer os punções quando o perno estivesse inserido,

e permitiria atuar o cilindro sem que descesse um ou outro punção sem os retirar da máquina, apenas retirando o perno de fixação dos tubos.

Esta solução mostrou-se não funcionar devido ao furo do perfil ter que ser feito muito próximo da guilhotina, o que faria com que o tubo quadrado não articulasse permitindo a sua descida sem fazer descer também o punção.

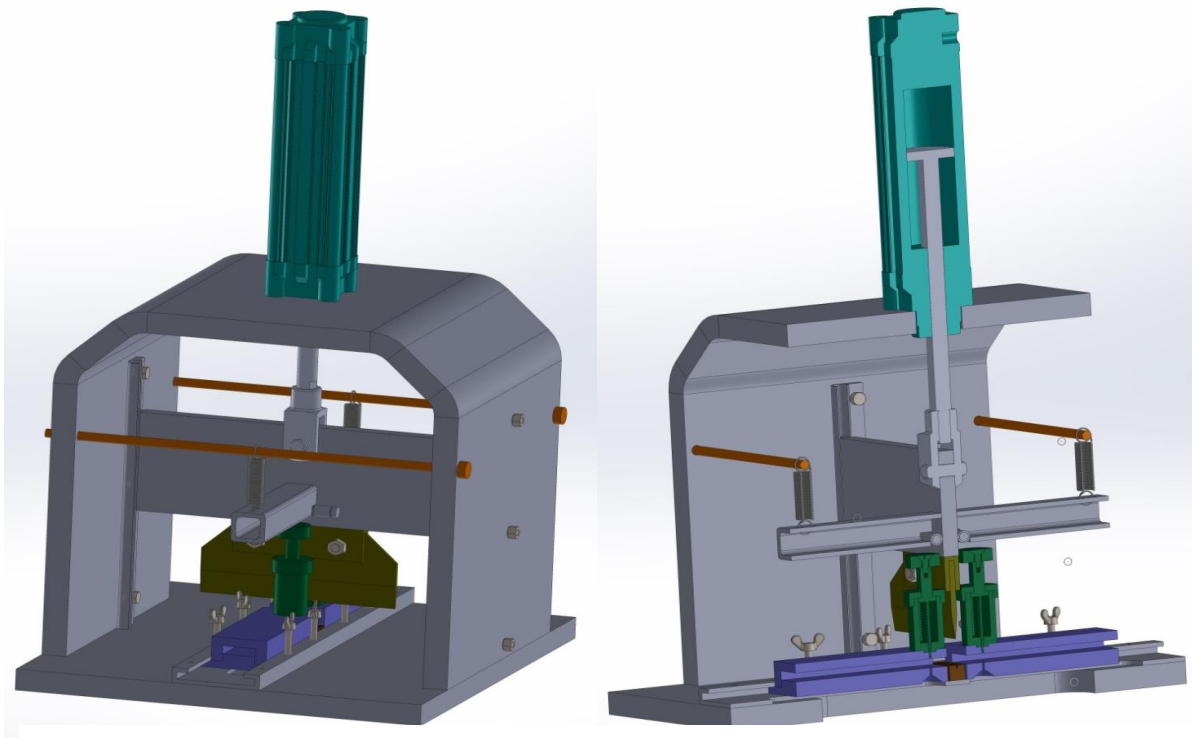


Figura 42 – Primeira versão da máquina com um cilindro, vista em perspectiva e em corte.

- **Versão 2**

A solução passou por colocar três cilindros, uma para cada punção e outro para a guilhotina como mostra a Figura 43, assim permitindo o acionamento dos três componentes independentes uns dos outros.

Aqui pode já ver-se o sistema de guiamento do perfil para este se manter reto e colinear com as matrizes durante todo o processo de corte e furação, bem como o “cesto de perfis” local de acumulação dos perfis cortados e furados.

O sistema de acionamento do perfil está também aqui representado, com um rolo inferior de acionamento por motor e um rolo superior com ajuste à altura para fazer troca de rolos/barras de perfil quando este acaba.

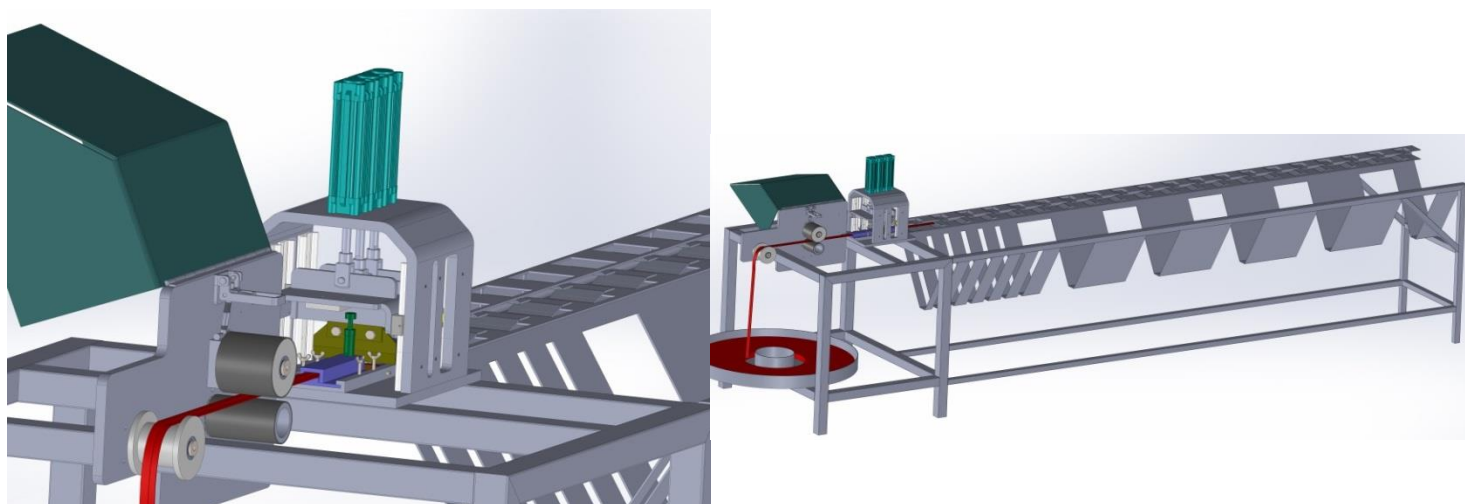


Figura 43 – Segunda versão da máquina com três cilindros, vista em pormenor e geral.

Esta solução apresentava ainda uma grande desvantagem que tinha que ver com espaços, ou seja, o furo tinha que estar muito próximo do topo do perfil (na maioria dos casos), o que fazia com que o punção tivesse que se situar muito próximo guilhotina, tao próximo que havia a necessidade de reduzir o diâmetro do conjunto punção para que este se aproximasse da guilhotina, esta redução iria por em causa a resistência do conjunto do punção.

Em contraponto com a aproximação dos punções à guilhotina, o tamanho dos cilindros, que têm de estar em linha, aumenta a distância entre as hastes dos cilindros, o que aumenta o desalinhamento da haste com o punção criando maiores momentos fletores nas guias lineares verticais.

Esta solução tem ainda um tempo de setup elevado, pois a distância do punção à guilhotina (distancia do furo ao topo do perfil) teria que ser ajustada manualmente através de uma régua, o que poderia tornar este processo moroso e de baixa precisão.

- **Versão 3**

Como nesta fase, se percebeu melhor a grande simplificação do processo de preparação do perfil que traria a máquina automática, chaga-se agora a uma configuração bastante diferente, como mostra a Figura 45. Esta solução vem resolver as grandes desvantagens das anteriores, é constituída por apenas um punção e por uma lâmina de corte. Assim, esta máquina é totalmente automática no que diz respeito ao controlo da distância entre o furo e o corte, esta distância é controlada pelo avanço do motor passo a passo entre o acionamento do cilindro do punção até ao da lâmina.

Esta configuração resolve também a questão do espaço entre o punção e a lâmina de corte que não tem agora quaisquer restrições permitindo fazer o conjunto punção com o tamanho desejado.

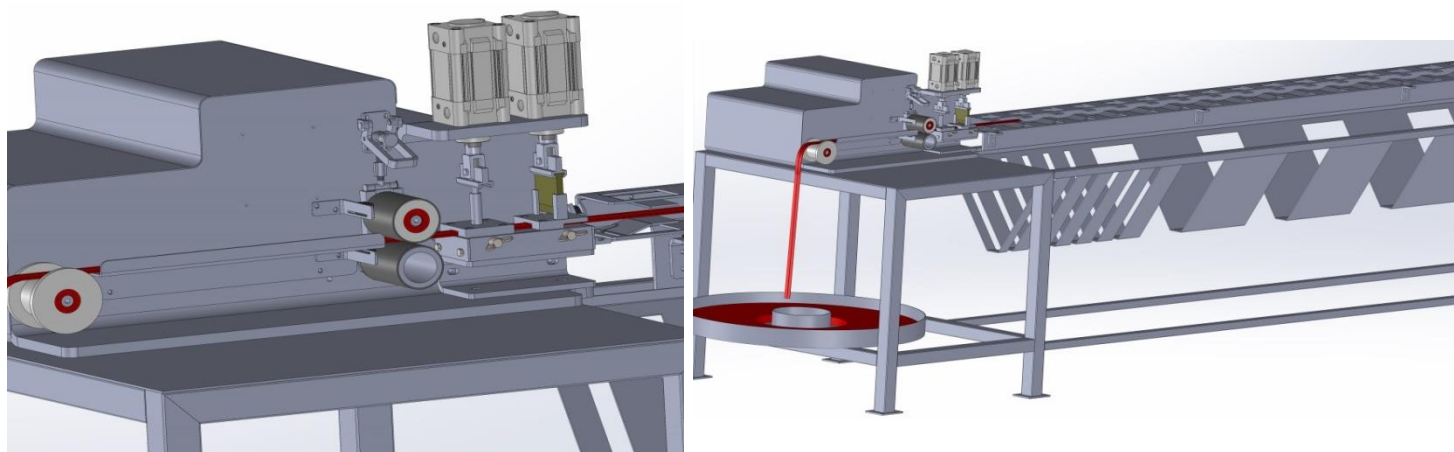


Figura 45 – Terceira versão da máquina, com dois cilindros, pormenor e vista geral

- **Versão Final**

Chegado a esta fase, observou-se que seria possível integrar nesta configuração a operação de estampagem, ficando assim o perfil totalmente pronto para montagem.

A subida e descida do rolo superior, para mudança do rolo/barras de perfil, poderia ser também automática com recurso a um cilindro pneumático ficando assim a máquina totalmente automática, como mostra a Figura 46, e a vista explodida no anexo D.

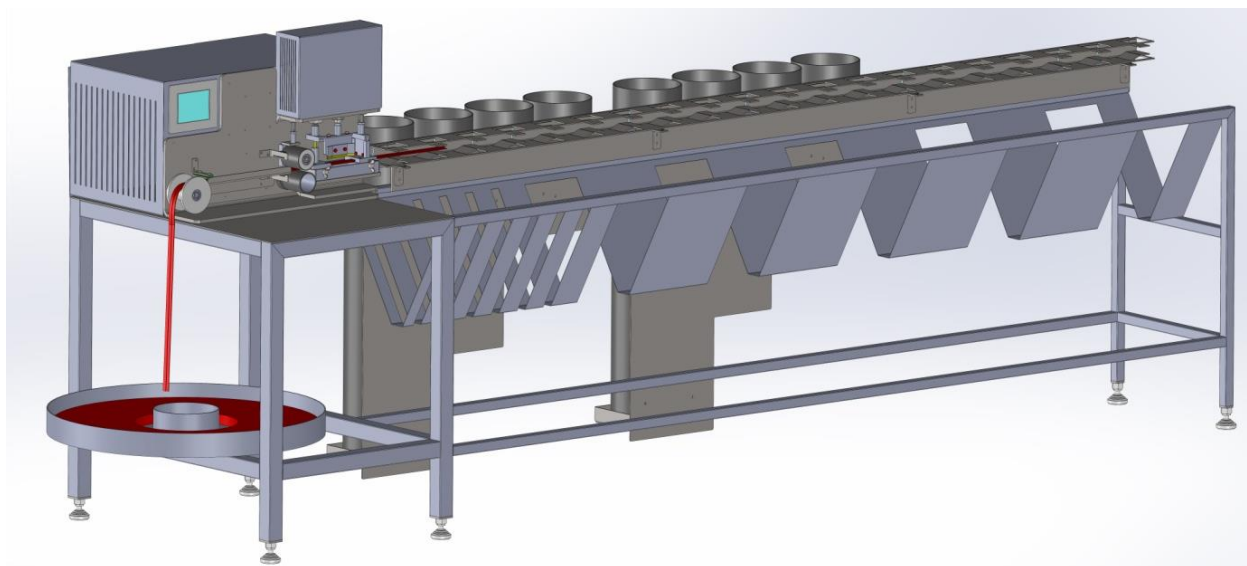


Figura 46 – Versão final máquina de preparação de perfil

Projeto da versão final da máquina de preparação de perfil

➤ Estrutura

A estrutura de suporte da máquina, como mostra a Figura 47, é composta por duas partes, a de suporte da máquina em si, que é feita com tubo quadrado 50x50 mm e uma chapa de 3mm que serve de “mesa” para apoio dos componentes, e a de suporte do sistema de empilhamento do perfil acabado que é composta por tubo quadrado 30x30 mm. Os três metros desta segunda parte da estrutura correspondem ao máximo comprimento do perfil que irá ser cortado.

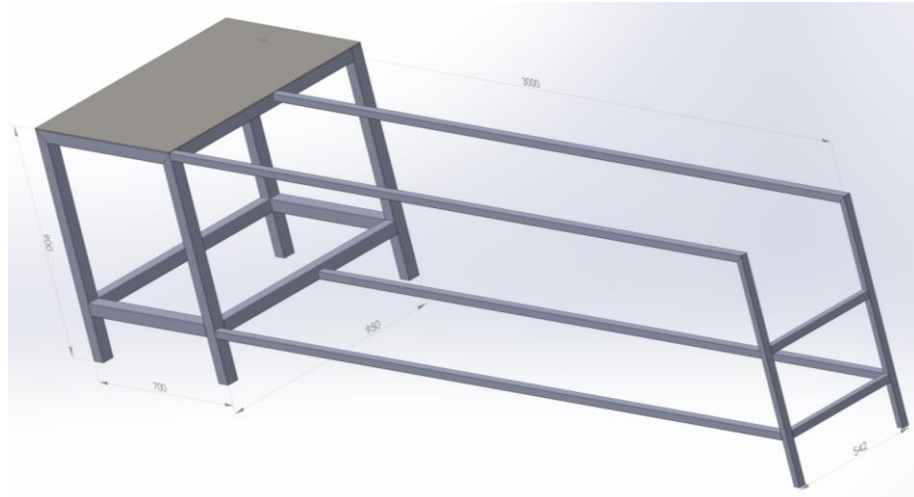


Figura 47 – Estrutura da máquina

➤ Punções/matrizes

Os componentes de furação, estampagem e corte, estão mostrados na Figura 48 e Figura 49, o primeiro componente pelo qual passa o perfil é o conjunto furação, composto por uma matriz de furação e um punção com o diâmetro de furação (4.25 mm) posicionado na medida certa em relação à lateral do perfil. De seguida passa pelo conjunto estampagem composto pela matriz inferior de estampagem e a lâmina que tem o comprimento mínimo de estampagem, os furos para os parafusos são rasgados o que permite a este conjunto ser regulada a posição ao comprimento e à profundidade. A última operação é a de corte, o conjunto corte é composto pela matriz de corte e a lâmina que secciona o perfil.

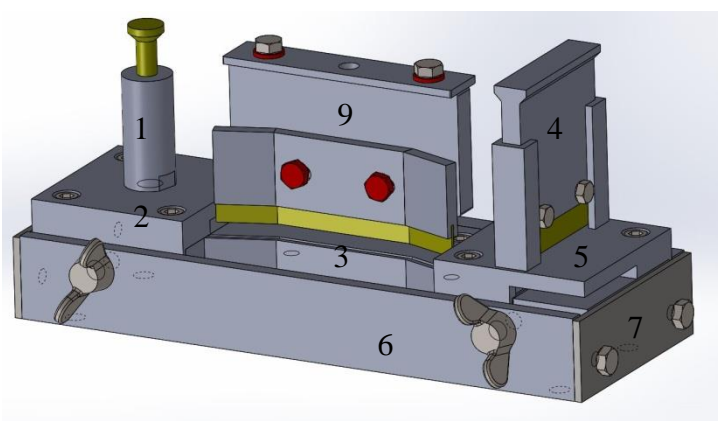


Figura 48 – Conjunto de operações de preparação

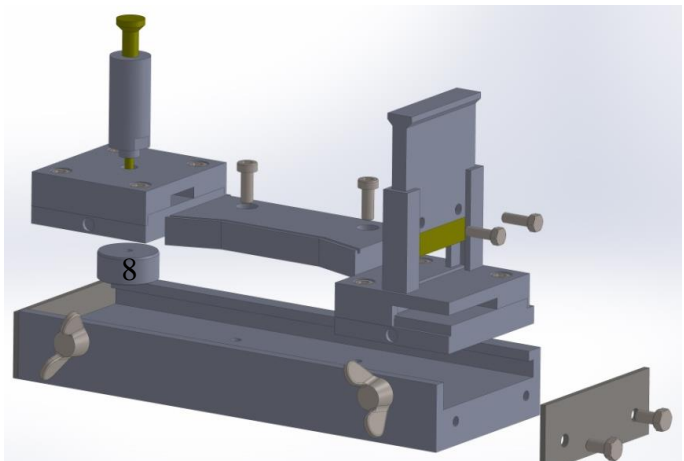


Figura 49 - Conjunto de operações, vista explodida

Legenda:

- 1 – Conjunto punção
- 2 – Conjunto matriz furação
- 3 – Matriz de estampagem
- 4 – Conjunto lâmina de corte
- 5 – Conjunto matriz de corte
- 6 – Calha suporte matrizes
- 7 – Topo calha suporte matrizes
- 8 – Matriz furação
- 9 – Conjunto estampagem

Estes três conjuntos referidos anteriormente (conjunto corte, estampagem e furação) são assemblados na calha de matrizes inferior e fixados através dos dois topos aparafusados.

Estes dois conjuntos matriz furação/punção e matriz corte/lâmina, correspondem ao perfil 023, quando houver a necessidade de cortar perfil 024, estas matrizes são facilmente retiradas à mão desapertando os dois parafusos de orelhas, deslocar um pouco a matriz para o lado destes parafusos para que esta desencaixe e possa assim subir e ser retirada, podendo-se então colocar as matrizes do perfil 024 da mesma forma apertando agora os parafusos de orelhas. A matriz de estampagem não necessita ser retirada pois é igual para os dois tipos de perfil.

O conjunto punção é constituído por dois componentes, como mostra a Figura 50, o punção que tem o diâmetro do furo de 4.25 mm e o componente que serve de guia do punção e de ligação à matriz por aparafusamento.

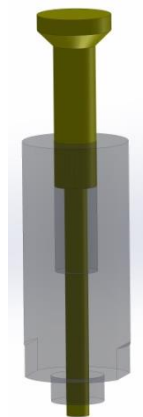


Figura 50 – Conjunto punção

Quanto ao conjunto matriz furação, onde este componente vai aparafusar, Figura 51, é composto por três componentes, as duas metades que aparafusadas formam o espaço com as dimensões da secção do perfil onde este vai passar, e a matriz propriamente dita com a folga adequada ao punção e ao material a furar, que é facilmente substituível quando apresentar desgaste.

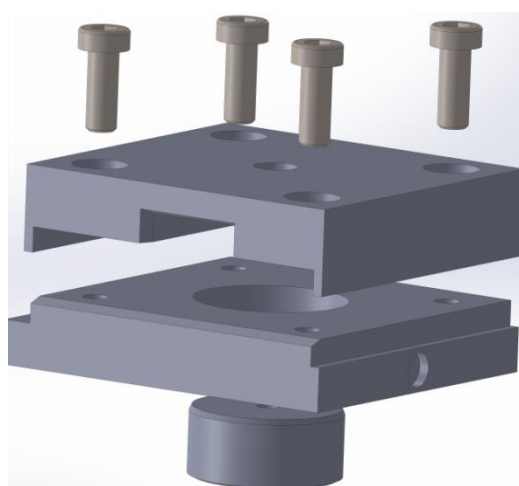


Figura 51 – Conjunto matriz furação, vista explodida

A folga entre a matriz de furação e o punção é calculada de seguida, com recurso aos dados da Tabela 3 (sendo que o perfil 021 não é furado):

Tabela 3 – Dados perfis de deslizamento

	Perfil 023	Perfil 024	Perfil 021	Unidade
Diâmetro do furo (D)	4.25	4.25	-	mm
Espessura (e)	3.4 (2x1.7)	4 (2x2)	-	mm
Tensão rotura (σ_R)	29	35	29	MPa

Segundo Oehler: Para $e > 3 \text{ mm}$ com σ_R em kgf/mm²

Perfil 023

Folga é dada por:

$$\frac{f}{2} = (0.01 \times e - 0.015) \times \sqrt{0.8 \times \sigma_R} \quad (7)$$

Ou seja:

$$f = 0.0579 \text{ mm}$$

Logo,

$$D_{\text{matriz}} = D_{\text{punção}} + f \quad (8)$$

Assim:

$$D_{\text{matriz}} = 4.25 + 0.0579 = 4.31 \text{ mm} \quad (9)$$

Perfil 024

Folga é dada por:

$$\frac{f}{2} = (0.01 \times e - 0.015) \times \sqrt{0.8 \times \sigma_R} \quad (10)$$

Ou seja:

$$f = 0.0837 \text{ mm} \quad (11)$$

Logo,

$$D_{\text{matriz}} = D_{\text{punção}} + f \quad (12)$$

Assim:

$$D_{\text{matriz}} = 4.25 + 0.0837 = 4.33 \text{ mm} \quad (13)$$

O conjunto lâmina de corte é composto apenas por um suporte para a lâmina e a lâmina aparafusada a este mesmo suporte, Figura 52, assim pode ser facilmente substituída ou limada quando apresentar desgaste.

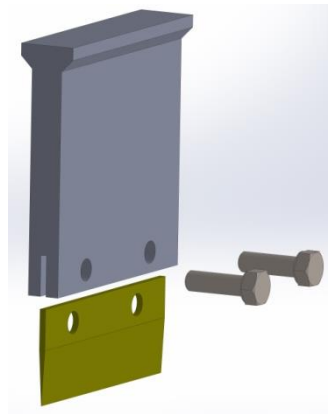


Figura 52 – Conjunto lâmina de corte

O conjunto matriz de corte, Figura 53, é constituído por duas guias laterais para guiarem o conjunto lâmina de corte, e duas metades uma superior e outra inferior que, à semelhança da matriz de furação, quando aparafusadas formam a secção do perfil por onde este vai passar. A metade superior contém uma abertura para que o perfil possa se deslocar no plano da superfície assim que é cortado.

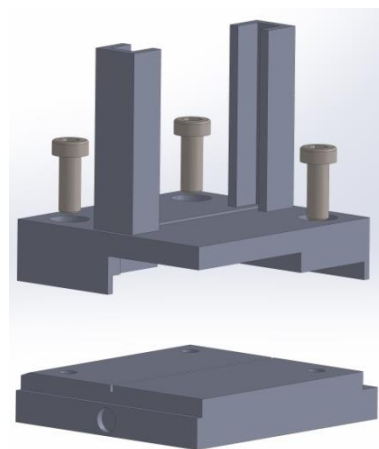


Figura 53 – Conjunto matriz corte, vista explodida

A matriz de estampagem é aparafusada na calha de suporte das matrizes como mostra a Figura 54, que possui uma abertura para passarem os pedaços de perfil furado e estampado. Os dois topos, confinam o espaço onde serão encaixadas as matrizes de furação e corte.

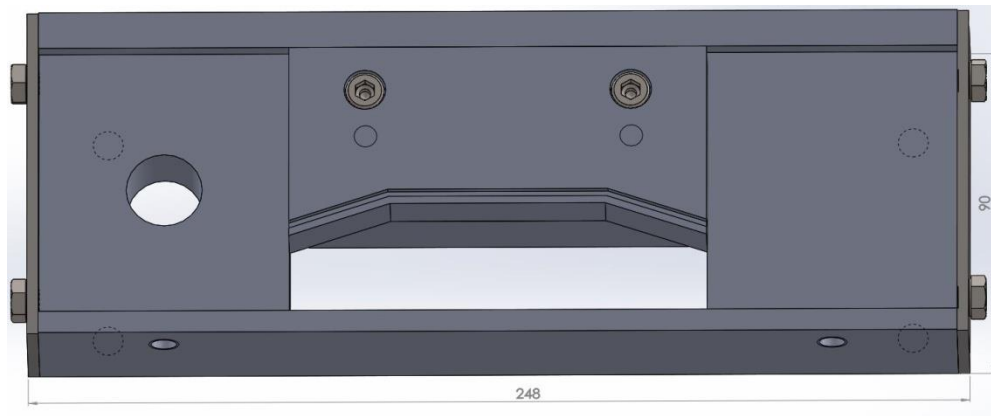


Figura 54 – Calha de suporte das matrizes

➤ **Sistema de tração do perfil deslizante**

O sistema de tração encarregue de fazer o avanço do perfil, como mostra a Figura 55, é composto por um rolo superior de ajuste que permite subir e descer para efetuar a troca de perfil deslizante, e um rolo inferior acionado por um motor e fixo por duas chumaceiras que permitem carga radial exercida pelo rolo superior.

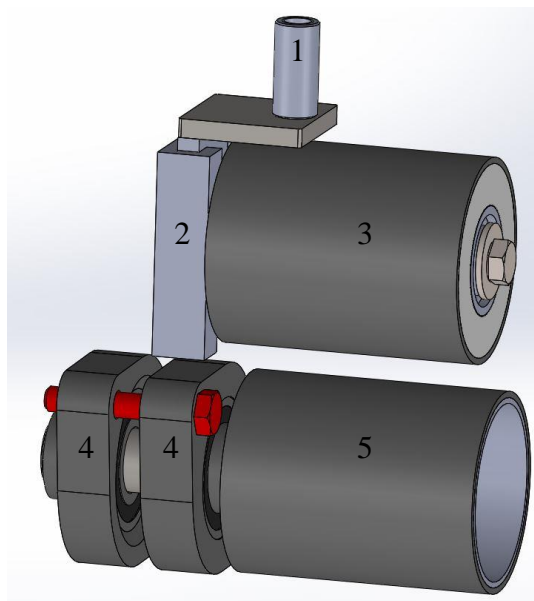


Figura 55 – Sistema de tração do perfil

Legenda:

- 1 – Sistema ligação acionador
- 2 – Calha de deslize
- 3 – Conjunto rolo superior ajuste
- 4 – Chumaceira diâmetro 20
- 5 – Conjunto rolo inferior motor

O conjunto rolo superior ajuste, Figura 56, é composto por uma chapa e calha de deslize, que permite o movimento de subida e descida do rolo, um veio soldado a esta chapa e dois rolamentos montados no rolo de plástico e fixos ao veio com uma anilha e parafuso. Para aumentar o coeficiente de atrito entre o rolo e o perfil, o rolo é revestido com uma camisa de borracha que ajuda a não haver escorregamento entre ambos.

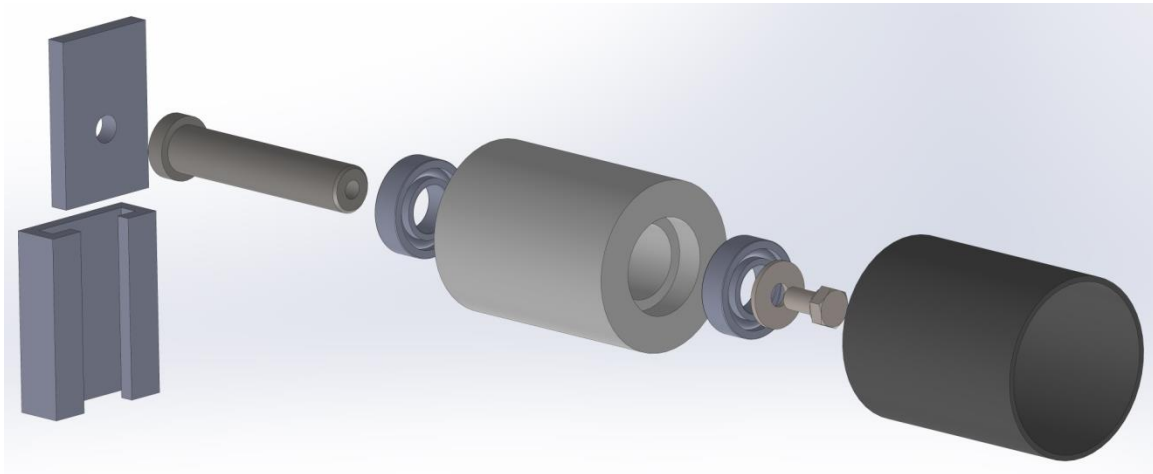


Figura 56 – Rolo superior de ajuste, vista explodida

O conjunto rolo inferior motor, Figura 57, é constituído pelo veio que é acoplado ao motor por chaveta, que é soldado a um disco que por sua vez é soldado ao rolo, que possui o mesmo tipo de revestimento que o rolo superior de ajuste.

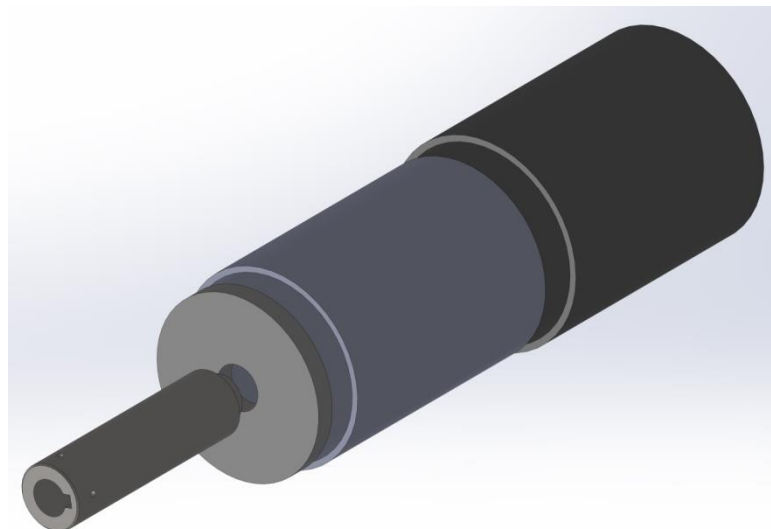


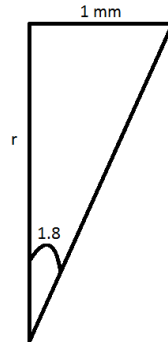
Figura 57 – Rolo motor, vista explodida

O diâmetro do rolo motor é de 63.64 mm, isto porque o motor passo a passo utilizado tem um ângulo de passo de 1.8° , como os perfis cortados têm de ter comprimentos e distâncias entre furos precisas, foi calculado o diâmetro do rolo para que 1.8° corresponda em distância linear

a 1 mm, pois assim, como todos os comprimentos e distâncias entre furos são valores inteiros, o motor irá parar sempre na distância pretendida.

$$\tan 1.8 = \frac{1}{r}$$

$$D = 2 \times r = 63.64 \text{ mm}$$



(14)

O conjunto acionamento, Figura 58, tem como componentes o motor passo a passo da Festo com o tamanho da flange de 57 mm, e comprimento M (médio) com encoder (EMMS-ST-57-M-SE-G2 #1370479), as suas especificações técnicas são apresentadas no anexo E.

O motor possui um redutor acoplado para redução da rotação e aumento do binário, com uma relação de 5:1 (EMGA-60-P-G5-SST-57 #549431) com características técnicas no anexo F. O estudo feito para dimensionamento do motor e redutor encontra-se no anexo G e o controle do posicionamento no anexo H.

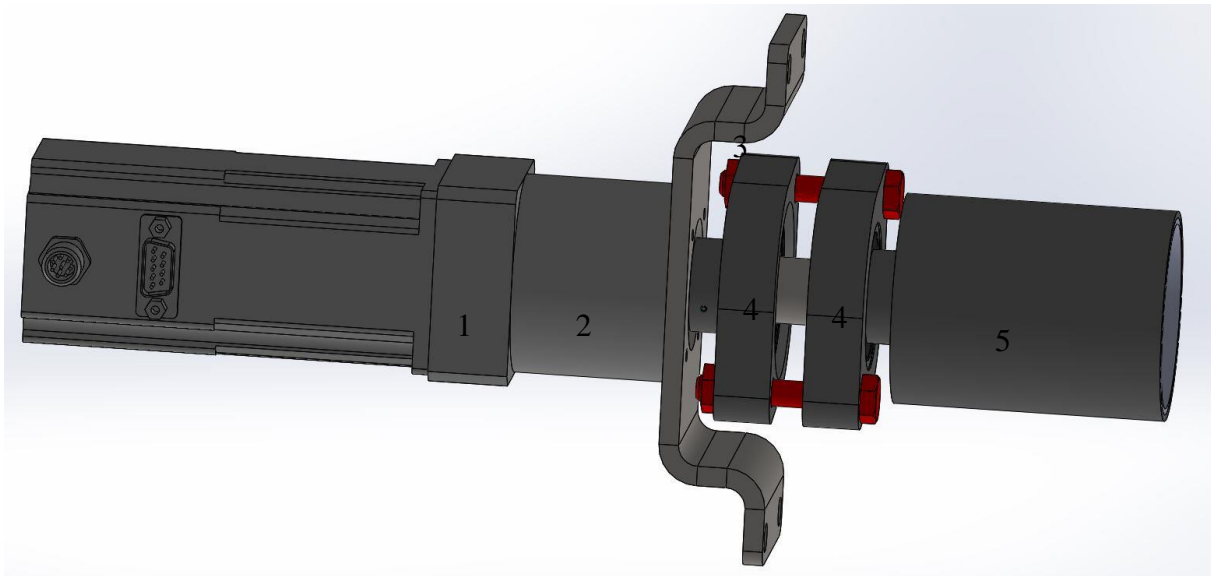


Figura 58 – Conjunto acionamento

Legenda:

- 1 – Motor passo a passo EMMS-ST-57-M-SE-G2
- 2 – Redutor EMGA-60-P-G5-SST-57
- 3 – Chapa de fixação do motor
- 4 – Chumaceira Inafag 20
- 5 – Conjunto rolo inferior motor

➤ Sistema de guiamento do perfil

O perfil, depois de passar pelas matrizes e componentes de furação, estampagem e corte, entra num sistema de guiamento como mostra a Figura 59, para que se mantenha reto e colinear com a parte do perfil que está ainda a sofrer operações, como o perfil no caso do tipo 023 vem em rolos, este tende a curvar com a forma que apresentava no rolo. Quando é feita a última operação (cortar) o perfil que se encontra neste guiamento é empurrado para fora deste local, para cair no cesto de perfis, através do acionamento de um cilindro pneumático que aciona os linguetes distribuídos ao longo do guiamento.

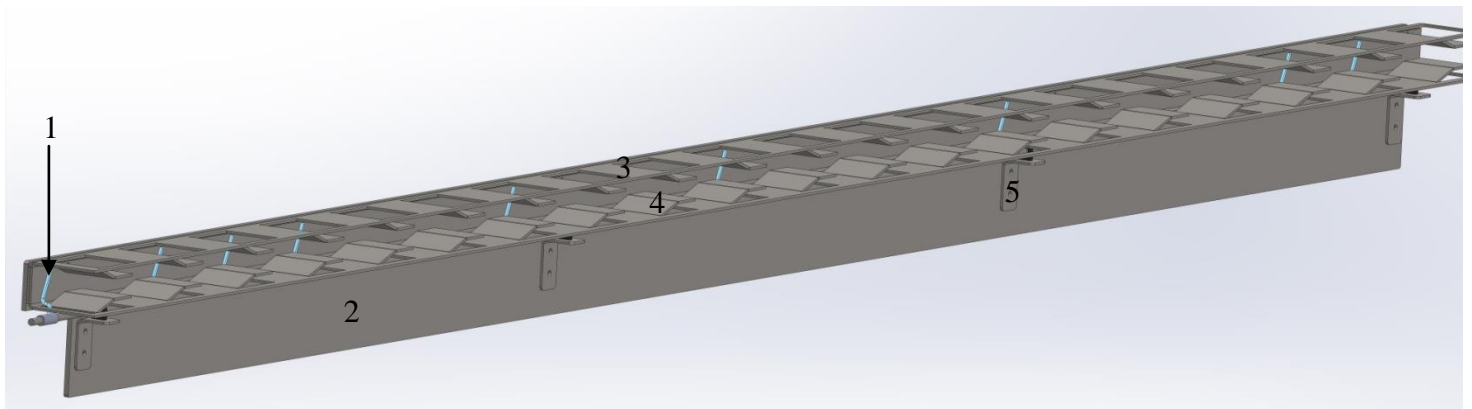


Figura 59 – Sistema de guiamento do perfil

Legenda:

- 1 – Conjunto linguete
- 2 – Chapa suporte guiamento
- 3 – Chapa guiamento superior
- 4 – Chapa guiamento inferior
- 5 – Chapa suporte chumaceira
- 6 – Chumaceira Igus D8
- 7 - Veio
- 8 – Braço acionamento

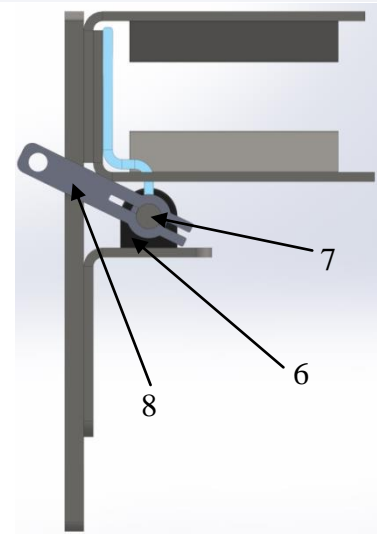


Figura 60 – Acionamento linguetes

O conjunto linguete é composto pela chapa linguete soldada a um tubo que vai solidarizar-se com o veio tal como mostra a Figura 59e Figura 60. O veio apoia em quatro chumaceiras Igus sem lubrificação de diâmetro 8 mm ao longo da chapa suporte guiamento.

O acionamento dos linguetes é feito através de um cilindro pneumático e um braço de acionamento, como mostra a Figura 60.

➤ Sistema colocação sobras/retalhos

As sobras de perfil obtidas no final do rolo, são colocadas pelo operador nos tubos identificados na Figura 61. Os dois conjuntos de tubos dizem respeito a cada tipo de perfil,

023 e 024 respetivamente. O colaborador deve colocar a sobra de perfil de forma que o comprimento do perfil fique acima da superfície superior do tubo, assim, como o primeiro tubo tem 1m de comprimento, sabe-se que caso se queira aproveitar os perfis contidos neste tubo, é possível cortar perfis no máximo de um metro de comprimento. A mesma lógica é aplicada aos restantes tubos, até que o último, de 182 mm, não pode ser aproveitado e seguirá para o lixo.

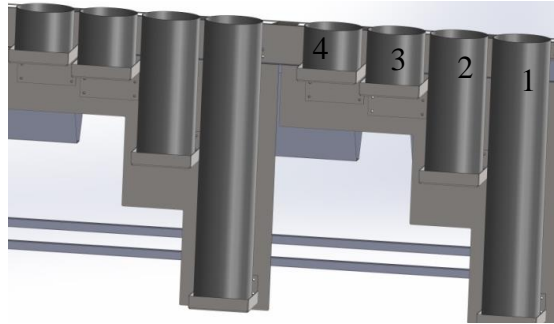


Figura 61 – Sistema separação de retalhos

Legenda:

- 1 – Tubo para retalhos de 1 metro;
- 2 – Tubo para retalhos de 0,5 metros;
- 3 – Tubo para retalhos de 220 mm;
- 4 – Tubo de retalhos não aproveitados.

➤ **Conjunto guia**

Este conjunto, Figura 62, é composto pelo rolo guia (1) que serve de guiamento e permite que o perfil faça curva e a chapa de deslize (2) que faz com que o perfil se mantenha horizontal com a superfície.

A chapa inferior (3) permite que o perfil fique com a superfície inferior tangente ao rolo motor. As fotocélulas (4) enviam um sinal infravermelho entre elas que é intersetado pelo perfil detetando assim a sua presença, quando o fim do perfil ultrapassa-as, o sinal é recebido pela fotocélula oposta comunicando ao programador para parar a máquina e pode efetuar-se então a troca do rolo/barra de perfil.

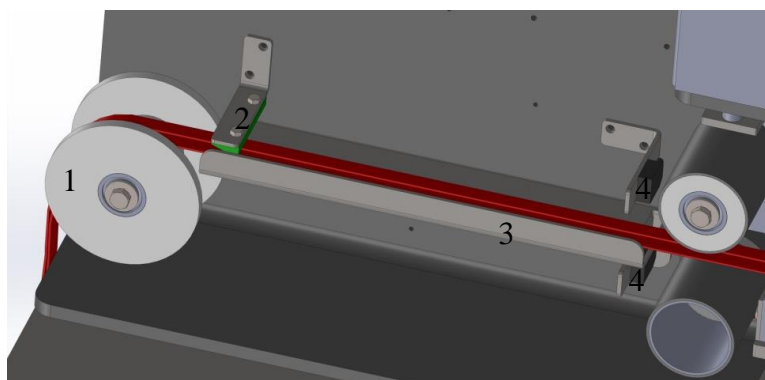


Figura 62 – Sistema guia de perfil

- 1- Conjunto rolo guia
- 2- Chapa deslize guia superior
- 3- Chapa inferior
- 4- Fotocélulas detecção do fim do perfil

O conjunto rolo guia, como mostra a Figura 63, é constituído por um veio onde estão montados dois rolamentos e um rolo em plástico, maquinado para formar um rebaixo para guiar o perfil lateralmente. Este veio é aparafusado à chapa vertical que por sua vez é aparafusada à estrutura fixando assim o conjunto.

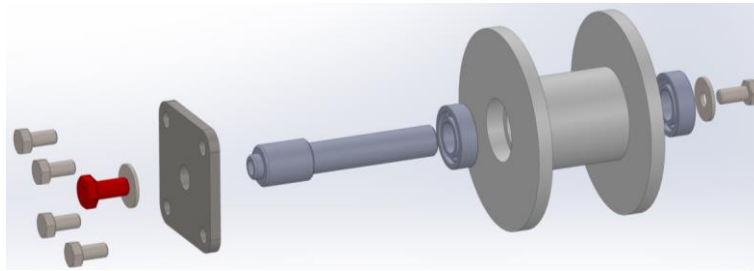


Figura 63 – Conjunto rolo guia, vista explodida

➤ Sistema de suporte do rolo de perfil 023

O rolo de perfil 023, como facilmente se “desmancha”, optou-se por coloca-lo na horizontal num suporte em chapa com rolamento que permite girar enquanto desenrola. A montagem está representada na Figura 64 em vista explodida deste sistema.

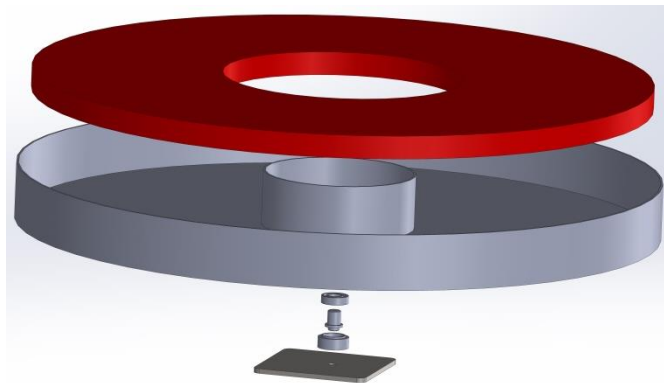


Figura 64 – Sistema suporte rolo perfil 023 – vista explodida

➤ Chapa de fixação principal

Esta chapa de fixação mostrada na Figura 65, é a base de fixação de quase todos os componentes, tem como material AISI 304 e espessura de 10 mm. A chapa vai fixar os cilindros pneumáticos que exercem sobre ela a força de avanço, desta forma, foi simulado em Solidworks o seu comportamento aplicando uma força ascendente na face inferior de apoio dos cilindros pneumáticos de 2200N, visto que a atuação dos cilindros não é em simultâneo e o maior cilindro (cilindro de dupla câmara e diâmetro 50mm) exerce uma força de 2168 N.

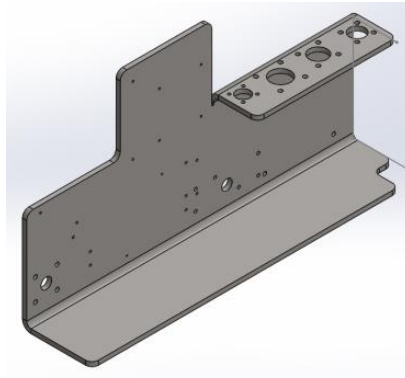


Figura 65 – Chapa base suporte

A simulação está presente no anexo I e reportou resultados dentro do espectável, apresentando como menor fator de segurança de 2 no nó 21275, o e que permitem concluir que o componente funcionará dentro dos limites aceitáveis de tensão e deslocamento máximo respetivamente $9.9372E7 \text{ N/m}^2$ e 0.935 mm.

Dimensionamento dos cilindros pneumáticos

De seguida, é apresentado o dimensionamento dos cilindros pneumáticos:

- Cilindro de acionamento do rolo superior ajuste;
- Cilindro de acionamento do punção;
- Cilindro acionamento lâmina de estampagem;
- Cilindro acionamento lâmina de corte;
- Cilindro acionamento linguetes.

As secções dos três tipos de perfil encontram-se representadas nas Figura 66, Figura 67 e Figura 68, e os dados de cálculo na Tabela 4.

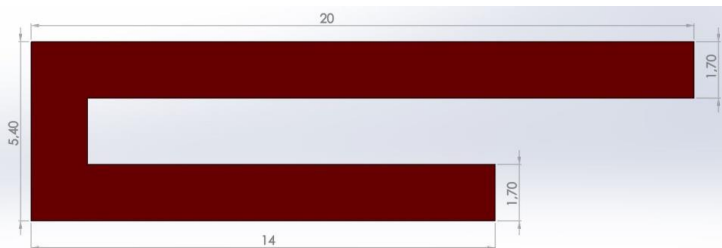


Figura 66 – Secção perfil 023



Figura 67 – Secção perfil 024



Figura 68 – Secção perfil 021

Tabela 4 – Dados da secção e material dos perfis

	Perfil 023	Perfil 024	Perfil 021	Unidade
Diâmetro do furo (D)	4.25	4.25	-	mm
Perímetro (p)	13.35	13.35	-	mm
Espessura (para furação) (e_f)	3.4	4	-	mm
Espessura (para corte) (e_c)	1.7	2	6	mm
Comprimento (l)	20	25	51.5	mm
Tensão rotura (σ_R)	29	35	29	MPa

- **Cilindro de acionamento do punção:**

Segundo Oehler:

Força de furação é dada por:

$$F_f = p \times e_f \times 0.8 \times \sigma_R \quad (14)$$

Perfil 023

$$F_f = 13.35 \times 3.4 \times 0.8 \times 29 = 1053 \text{ N} \quad (15)$$

Perfil 024

$$F_f = 13.35 \times 4 \times 0.8 \times 35 = 1495 \text{ N} \quad (16)$$

- **Cilindro acionamento lâmina de corte:**

Segundo Oehler:

Força de de corte é dada por:

$$F_c = l \times e_c \times 0.8 \times \sigma_R \quad (17)$$

Perfil 023

$$F_c = 20 \times 1.7 \times 0.8 \times 29 = 788.8 \text{ N} \quad (18)$$

Perfil 024

$$F_c = 25 \times 2 \times 0.8 \times 35 = 1400 \text{ N} \quad (19)$$

Perfil 021

$$F_c = 51.5 \times 6 \times 0.8 \times 29 = 7169 \text{ N} \quad (20)$$

Os resultados das forças de corte e furação encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Força teórica de furação e corte dos três tipos de perfil

Cilindros Festo		Furação			Corte		
Diâmetro [mm]	Força [N]	23	24	21	23	24	21
32	483						
40	754						
50	1178	1053			788,8		
63	1870		1495			1400	
80	3016						
100	4712						
125	7363						7169

Analisando estes resultados, pode observar-se que, para a furação, o cilindro a utilizar seria o maior dos dois perfis, ou seja, o cilindro de diâmetro 63 mm que exerce uma força máxima de 1870 N.

Quanto ao corte, o cilindro a utilizar seria o de 125 mm de diâmetro que exerce uma força máxima de 7363 N.

Para fazer a validação destes valores teóricos, foi feito o seguinte teste experimental:

➤ **Teste experimental para escolha do diâmetro dos cilindros pneumáticos**

Procedimento

A experiência foi feita reproduzindo experimentalmente os processos de corte e furação dos perfis. Foram, para o efeito, utilizados três cilindros de diâmetros diferentes, o menor de diâmetro 32mm, o intermédio de diâmetro 50 mm, e o maior de diâmetro 125 mm. Como já existia um punção e matriz maquinados com a folga necessária para a furação dos perfis calculada anteriormente, a furação foi efetuada com esse punção e matriz, de diâmetro de 8 mm.

Para poder comparar os resultados experimentais com os teóricos, foram calculados os diâmetros dos cilindros para a furação com um diâmetro de 8 mm.

Tabela 6 – Tabela de dados furação a 8mm

	Perfil 023	Perfil 024	Perfil 021	Unidade
Diâmetro do furo (D)	8	4.25	-	mm
Perímetro (p)	25.13	25.13	-	mm
Espessura (para furação) (e_f)	3.4	4	-	mm
Tensão rotura (σ_R)	29	35	29	MPa

Furação de 8 mm.

Segundo Oehler:

Força de furação é dada por:

$$F_f = p \times e_f \times 0.8 \times \sigma_R \quad (21)$$

Perfil 023

$$F_f = 25.13 \times 3.4 \times 0.8 \times 29 = 1982 \text{ N} \quad (22)$$

Perfil 024

$$F_f = 25.13 \times 4 \times 0.8 \times 35 = 2815 \text{ N} \quad (23)$$

Na Tabela 7, apresentam-se os valores teóricos da força de furação para o furo de 8 mm e força de corte já calculada anteriormente.

Tabela 7 – Força teórica de furação de 8mm

Cilindros Festo		Furação			Corte		
Diâmetro [mm]	Força [N]	023	024	021	023	024	021
32	483						
40	754						
50	1178				788,8		
63	1870					1400	
80	3016	1982	2815				
100	4712						
125	7363						7169

O teste foi então realizado utilizando os três diferentes cilindros montados, por sua vez, num suporte de forma a efetuar o corte e a furação, como mostram a Figura 69 e Figura 70.



**Figura 69 – Teste experimental -
corte**



**Figura 70 – Teste experimental -
furação**

Os resultados obtidos são os demonstrados na Tabela 8.

Tabela 8 – resultados experimentais de furação e corte

	Furação			Corte		
Cilindros	023	024	021	023	024	021
Ø32	x	x	-	v	x	x
Ø50	x	x	-	v	v	x
Ø125	v	v	-	v	v	v

Com estes resultados, podemos concluir que para fazer a furação dos perfis 023 e 024, o cilindro de Ø50 não tem força suficiente, e o cilindro de Ø125 tem, ou seja, o cilindro necessário tem o diâmetro compreendido entre 50 e 125 mm.

Para fazer o corte do perfil, podemos observar que, para o perfil 023 o cilindro de diâmetro 32 já é suficiente. Para o perfil 024, o cilindro deverá ter entre 32 e 50 mm de diâmetro. Por fim, para o perfil 021, o cilindro que consegue fazer o corte deverá ter um diâmetro compreendido entre 50 e 125 mm.

Comparando agora os resultados obtidos com os valores teóricos, analisando a Tabela 9, onde estão cruzados os valores teóricos com os experimentais, conclui-se que, para a furação, os valores coincidem (a força teórica separa as casas azuis das laranja), ou seja, a força teórica está compreendida entre as forças obtidas experimentalmente. Pode-se assim fazer o paralelo desta furação (Ø8 mm) com a furação pretendida (Ø4.25 mm).

Para o corte dos perfis, observa-se uma pequena discrepância entre os resultados experimentais e os teóricos pois no cálculo teórico para o perfil 023 o diâmetro mínimo do cilindro seria de 50 mm e na realidade, o de diâmetro 32 mm já é suficiente.

No caso do perfil 024, teoricamente apenas o cilindro de diâmetro 63 mm cortaria o perfil, mas na realidade o cilindro de 50 mm já é suficiente.

Por fim, no perfil 021, também não se pode concluir nada em relação à coincidência dos valores calculados com os resultados experimentais, pois não foram testados os cilindros maiores que 50 mm e menores que 125 mm não se pode concluir se um desses cortaria o perfil ou não.

Tabela 9 – Cruzamento dos valores teóricos com os experimentais

Cilindros Festo		Furação			Corte		
Diâmetro [mm]	Força [N]	023	024	021	023	024	021
32	483	x	x		v	x	x
40	754	x	x		v		x
50	1178	x	x		788,8 v	v	x
63	1870				v	1400 v	
80	3016	1982	2815		v	v	
100	4712				v	v	
125	7363	v	v		v	v	7169 v

Como os resultados no caso do corte do perfil não coincidem com os valores calculados, foram então realizados mais dois novos testes:

- Corte de perfil com um cilindro de diâmetro 40 mm pois é o diâmetro entre os 50 mm (que corta o perfil 24) e 32 mm (que não corta o perfil), como se pode observar na tabela anterior. Apenas se testou o perfil 024, pois cortando este perfil, também corta o 023. O perfil 021 devido à elevada força para fazer o corte e visto que este não necessita de furação nem estampagem, optou-se por encomendar este perfil já com o tamanho desejado, não sendo assim necessário fazer qualquer operação.
- Furação de perfil com um cilindro de diâmetro 80 mm, pois é o diâmetro calculado analiticamente.

Os resultados, como mostra a Tabela 10, foram que o cilindro de diâmetro 40 mm ainda é suficiente para cortar o perfil 024, e o cilindro de diâmetro 80 mm consegue furar os dois perfis (024 e 023) com um furo de 8 mm de diâmetro.

Conclui-se assim que, para a furação, os cálculos analíticos correspondem com os resultados experimentais, considerando como espessura as duas abas do perfil. Assim, pode ser considerado, para o furo de 4.25 mm, o cilindro que foi calculado analiticamente (\varnothing 63 mm).

Através do teste experimental, para o corte, pode novamente verificar-se que os resultados experimentais não correspondem com os valores teóricos, que apresentam valores muito elevados, ainda que considerando apenas uma aba para a espessura do perfil, sendo assim necessário para a ação de corte um cilindro de diâmetro 40 mm.

Tabela 10 – Cruzamento dos resultados experimentais com os teóricos do novo teste

Cilindros Festo		Furação			Corte		
Diâmetro [mm]	Força [N]	023	024	021	023	024	021 (anulado)
32	483	x	x		v	x	x
40	754	x	x		v	v	x
50	1178	x	x		788,8 N v	v	x
63	1870				v	1400 N v	
80	3016	1982 N v	2815 N v		v	v	
100	4712				v	v	
125	7363	v	v		v	v	7169 N v

Legenda:

32	Diâmetro do cilindro testado anteriormente
40	Diâmetro do cilindro testado
x	O cilindro testado anteriormente não executou a operação
1982N	Força teórica
v	O cilindro testado anteriormente executou a operação
v	O cilindro testado executou a operação
	Nada se pode concluir acerca deste cilindro

- **Cilindro acionamento lâmina de estampagem:**

Para efeitos de estampagem, foi ainda testado no perfil 024, o que necessita de maior força para o corte de estampagem, o máximo comprimento que o cilindro de 40 mm de diâmetro consegue cortar. O máximo comprimento foi de cerca 14 mm.

Assim, fazendo uma correlação linear, sabendo que para cortar 40 mm de comprimento é exercida uma força de 754 N (força do cilindro de 40 mm), para o comprimento máximo de estampagem (105 mm) é necessário uma força de 1979 N, que corresponde a um cilindro de diâmetro 80 mm. Por questões de atravancamento utilizar-se-á um cilindro tandem de dupla câmara que para uma força de 1979 N necessita apenas de um diâmetro de 50 mm.

- **Cilindro de acionamento do rolo superior ajuste:**

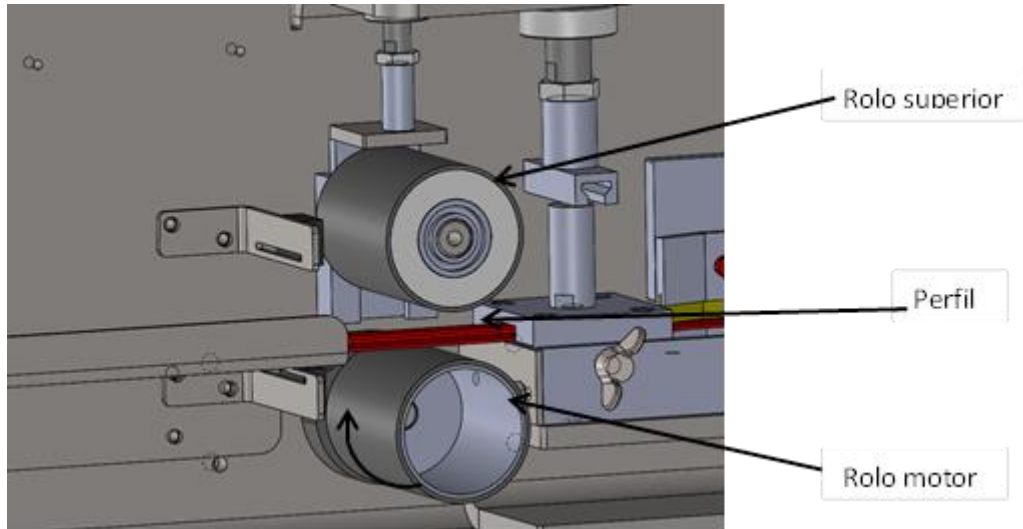
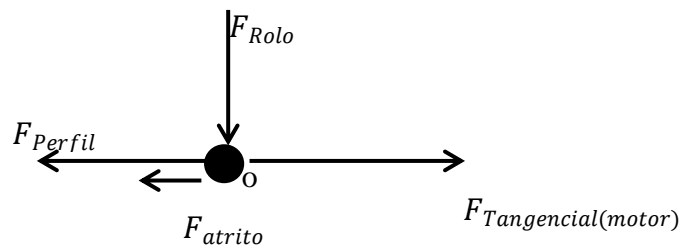


Figura 71 – Sistema de tração do perfil

Diagrama do corpo livre:



Equilíbrio de forças no ponto o:

$$F_T = F_P + F_a \quad (23)$$

$$\text{ou seja: } F_a = F_T - F_P \quad (24)$$

Onde a força tangencial é:

$$F_T = \frac{Bi}{r} = \frac{6.65}{\left(\frac{63.6}{2}\right) \times 10^{-3}} = 209.1 \text{ N} \quad (25)$$

A força que exerce o desenrolar do perfil é estimada como:

$$F_P \cong 10 \text{ kg} \cong 100 \text{ N}$$

A força de atrito vem:

$$F_a = 209.1 - 100 = 109.1 \text{ N} \quad (26)$$

Como a força de atrito é igual á força do rolo multiplicado pelo coeficiente de atrito rolo-perfil como mostra a fórmula (27):

$$F_a = F_R \times \mu \quad (27) \quad F_R = \frac{109.1}{0.3} = 363.7 \text{ N} \quad (28)$$

- **Cilindro acionamento linguetes:**

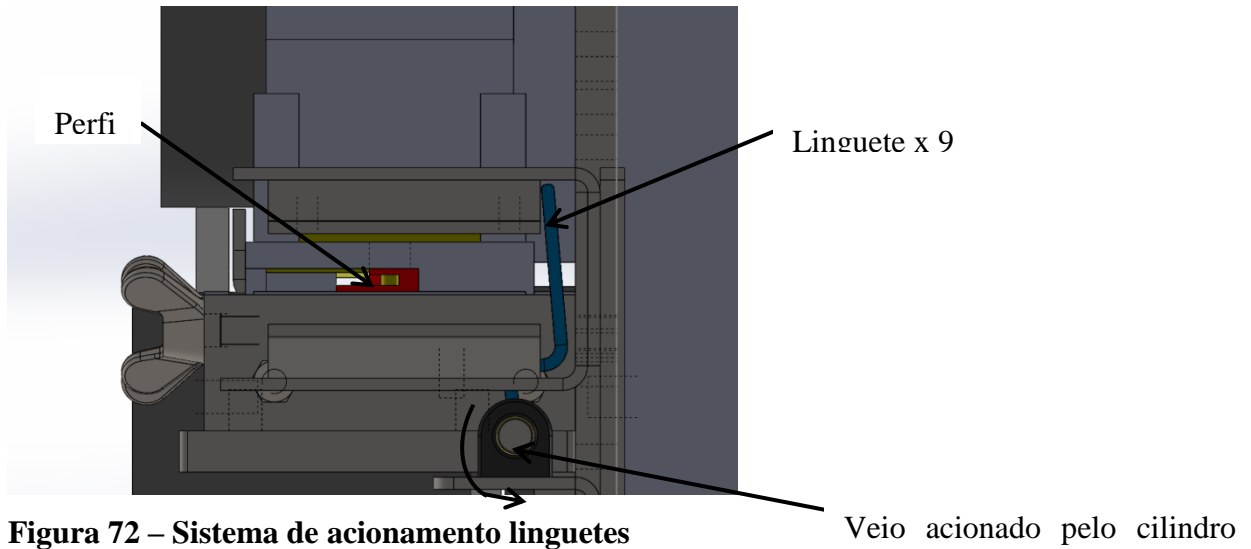
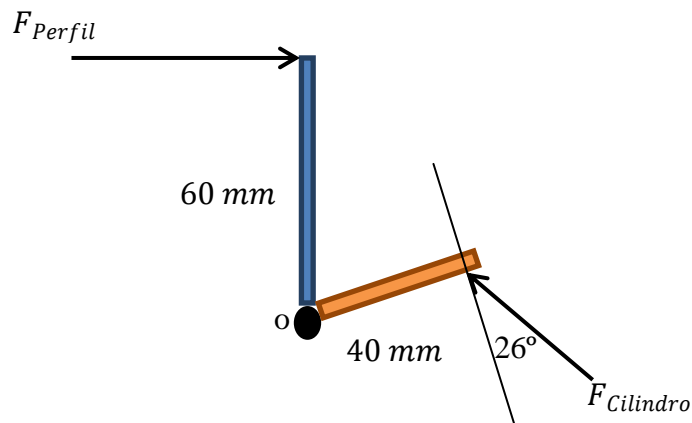


Diagrama de corpo livre para posição inicial do cilindro (haste recuada, força de avanço):

Equilíbrio de momentos no ponto o:



$$F_{cil} \cos 26 \times 40 = F_{perfil} \times 60 \quad (29)$$

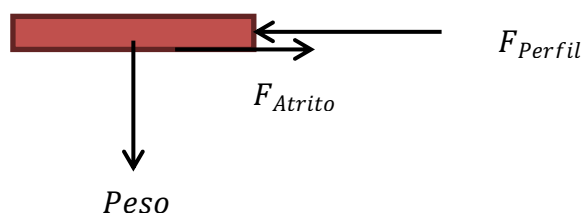
A força que exerce o perfil no linguete é igual à força de atrito que este exerce sobre a superfície de guiamento como mostra a fórmula (30).

$$F_{Perfil} = F_{Atrito} \quad (30)$$

Logo,

$$F_{Perfil} = P_{Perfil} \times g \times \mu \quad (31)$$

O peso do perfil (P_{Perfil}) de uma barra de 3 metros (maior comprimento cortado) do perfil 024 (perfil de maior secção) é:



$$P_{Perfil} = Densidade \times A_{secc\tilde{a}o} \times Comprimento \quad (32)$$

Entao,

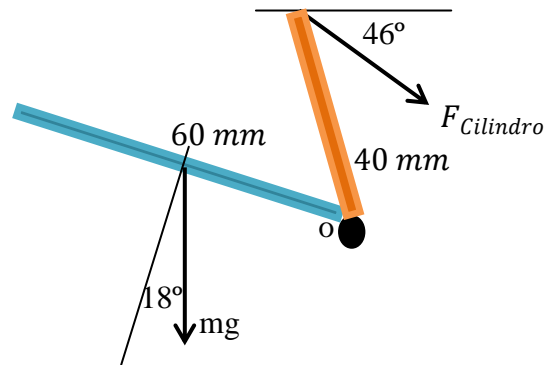
$$P_{Perfil} = 910E^{-9} \times ((25 + 2.3 + 24 + 3.7) \times 2) \times 3000 = 0.3 \text{ kg} \quad (33)$$

$$F_{Perfil} = 0.3 \times 10 \times 0.3 = 0.9 \text{ N} \quad (34)$$

Assim, a força que exerce o cilindro no recuo é:

$$F_{cil} = \frac{0.9 \times 60}{40 \cos 26} = 1.5 \text{ N} \quad (35)$$

Diagrama de corpo livre para posição final do cilindro (haste avançada, força de recuo):



Equilíbrio de momentos no ponto o:

$$F_{cil} \cos 46 \times 40 = mg \times 30 \quad (36)$$

Onde m é a massa dos 9 linguetes e tem o valor de 0,0551 kg.

A força que o cilindro exerce é então:

$$F_{cil} = \frac{0.0551 \times 10 \cos 18 \times 30}{40 \cos 46} = 0,57 \text{ N} \quad (37)$$

Pode assim verificar-se que a maior força exercida é no avanço.

Os cilindros pneumáticos a utilizar são os mostrados na Tabela 11 e as características técnicas são apresentadas nos anexos J.1, J.2, J.3, J.4 e J.5 respetivamente.

Tabela 11 – Tipo de cilindro utilizado em cada operação

Operação	Força máxima [N]	Diâmetro [mm]	Tipo Cilindro	Referência
Furação	1495	63	DSBC-63-Q-20-PPSA	#1463475
Estampagem	1979	50	DNCT-50-20-PPV-A	#191108
Corte	754	40	DSBC-40-20-PPSA-N3	#2123780
Rolo sup.	363,7	32	DSBC-32-30-PPSA-N3	#1463250
Linguetes	15,33	16	DSNU-16-60-P-A	#1908263

Como a fórmula utilizada para cálculo da força de corte do perfil é: $F_c = l \times e_c \times 0.8 \times \sigma_R$ (38), onde a espessura de corte (e_c) utilizada foi a de apenas uma aba do perfil (que é

composto por duas em forma de U) surgiu a dúvida de a espessura ser a soma das espessuras das duas abas como foi feito para a furação (área da secção do perfil).

Foi então testado o corte do perfil 024 (com o cilindro de diâmetro 40 mm) de duas formas:

1. Com dois perfis a par como mostra a Figura 73.



Figura 73 – Perfis 024 em paralelo

- Utilizando a área total do perfil:

Neste caso a área da secção total de corte é 2 vezes a área da secção do perfil (dois perfis).

- Utilizando apenas a máxima área em que a lamina está em contacto com o perfil:

A área da secção máxima que a lâmina está em contacto é de 2 vezes o comprimento da secção do perfil vezes a espessura de uma aba ($2 \times l \times e_c$). O resultado observado foi que o cilindro não teve força suficiente para efectuar o corte.

2. Com os dois perfis encaixados como mostra a Figura 74



Figura 74 – Perfis 024 encaixados

- Utilizando a área total do perfil:

Neste caso a área da secção total de corte é a mesma que a anterior (2 vezes a área da secção do perfil).

- Utilizando apenas a máxima área em que a lâmina está em contacto com o perfil:

Agora, a área da secção máxima que a lâmina está em contacto é de aproximadamente uma vez o comprimento da secção vezes a espessura de uma aba do perfil ($1 \times l \times e_c$). O resultado obtido foi que para este caso, o cilindro cortou os perfis.

Pode então concluir-se o que já era esperado, na fórmula de corte do perfil, como este é em U, a espessura utilizada deve ser de apenas uma aba do perfil e não a totalidade da espessura.

Programação da máquina

A programação da máquina é feita com recurso a uma solução da Festo, um controlador do motor (CMMO-ST-C5-1-DIOP) cujas características técnicas se encontram no anexo K, e o programador (CECC-D) com as características técnicas no anexo L. Assim, selecionando no display (CDPX-X-A-W-7), características técnicas no anexo M, a referência do perfil que se pretende cortar e o número de perfis desejado, a máquina executa o ciclo de operações até estarem cortados todos os perfis.

De seguida é apresentada a sequência de operações para um perfil standard com furos nas duas extremidades e estampagem pelo meio, como mostra a Figura 75:

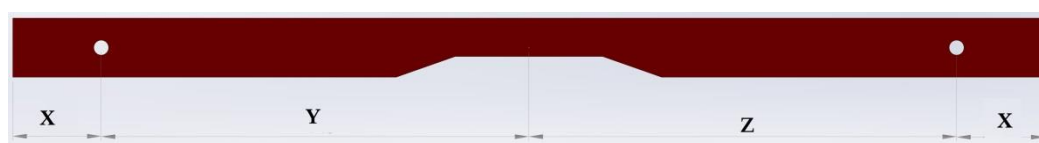


Figura 75 – Exemplo de perfil standard

Sequência de operações “receita”, Figura 76:

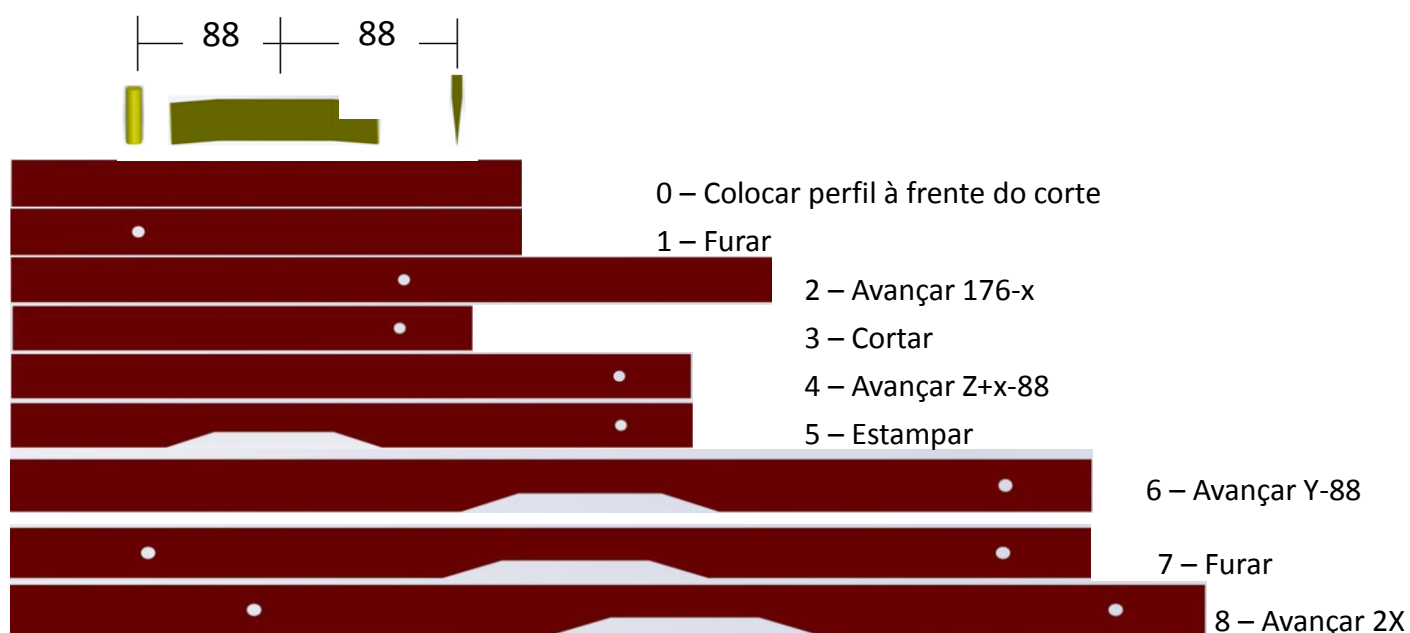


Figura 76 – Sequência de operações

Começa-se por colocar o perfil nas matrizes deixando-o um pouco mais à frente da matriz de corte para que caso a primeira operação seja de cortar, o perfil seja acertado. De seguida a máquina pode começar a funcionar descendo o cilindro do rolo de ajustamento para criar tração no perfil.

A primeira operação é a de furar atuando o cilindro do punção, de seguida o motor de passo avança ($176-X$), desta forma, o furo efetuado fica a (X) de distância da lâmina de corte podendo agora esta ser acionada. Efetuado o corte, o motor avança mais ($Z+X-88$) ficando o

centro da lâmina de estampagem à distância (Z+X) do corte podendo assim atuar o cilindro de estampagem. Se o comprimento de estampagem do perfil for maior que o da lâmina, o motor avança 50 mm que é o comprimento da parte reta da lâmina e estampa e assim sucessivamente até obter o comprimento de estampagem necessário.

Depois de efetuar a operação de estampagem, o motor avança (Y-88) ficando assim o punção à distância (Y) da estampagem, podendo o cilindro de furação atuar.

A última operação deste ciclo é o motor avançar mais (2X) para que a distancia entre este último furo e o punção seja de (2X) que é (X) para o perfil a ser cortado e (X) para o próximo perfil.

Chegado à operação 8, pode voltar ao início da sequência (operação 1) formando assim o ciclo de operações.

A confirmação do ciclo de operações pode ser feita fazendo a soma de todos os avanços igual ao comprimento do perfil.

$$176 - X + Z + X - 88 + Y - 88 + 2X = 2X + Y + Z \quad (38)$$

$$2X + Y + Z = 2X + Y + Z \text{ cqd.} \quad (39)$$

Orçamento

O valor dos materiais/componentes constituintes da máquina estão apresentados na

Tabela 12, sendo para o orçamento não está incluído o preço de fabrico (mão de obra e recursos utilizados).

Tabela 12 – Orçamento dos componentes da máquina

Chapa	562,31 €
Tubo quadrado	146,40 €
Varão/Tubo	7,85 €
Motor/Programador	1.700,00 €
Pneumática	1.210,13 €
Chumaceiras/Pés	117,00 €
Fotocélulas	82,00 €
Total	3.826,45 €

Indicadores e análise de custos

Segundo Luís Reis, cuja dissertação incide sobre implementação de células de fabrico, incluindo a célula de perfil deslizante, com a inserção da máquina desenvolvida que combina três operações do processo referido (corte, estampagem e furação), o fluxo de materiais reduz uma deslocação como se pode verificar na Figura 77 e Figura 78, a produtividade passa de 0,20 peças/minuto para 3 peças/ minuto, o tempo despendido nas operações (tempo de ciclo) sofre uma redução de 4h e 40 min.

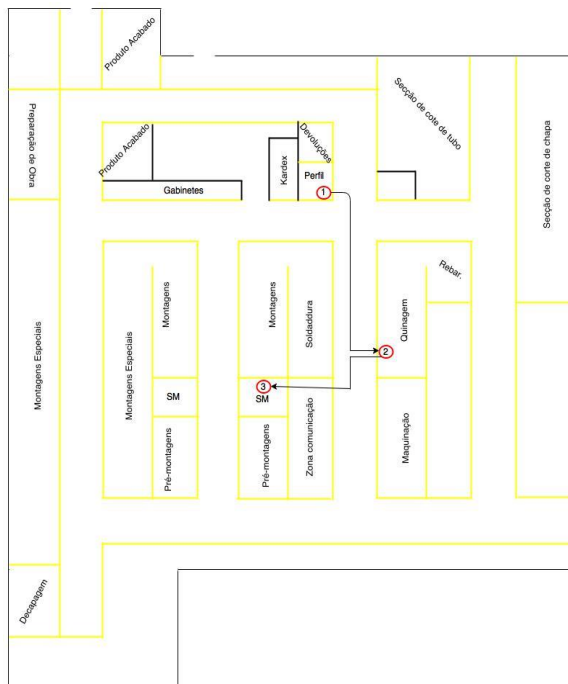


Figura 78 – Fluxo material previsto

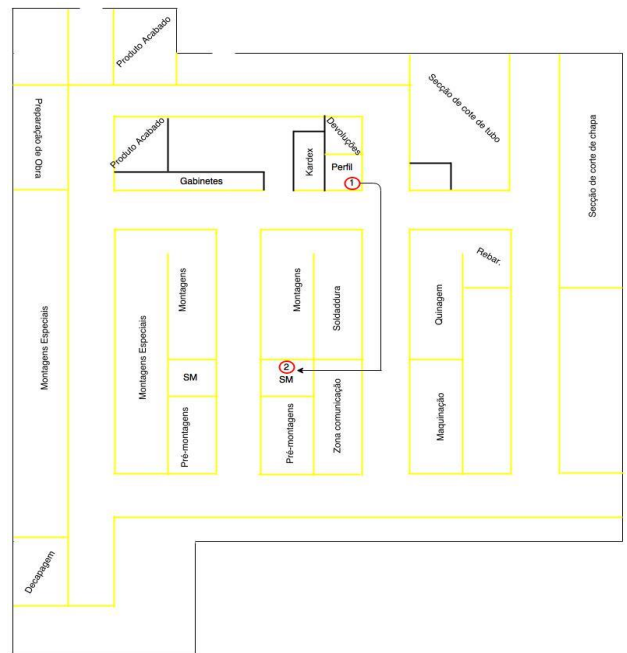


Figura 77 – Fluxo material atual

Baseado num lote de 100 peças, o “Lead time” ou seja, o tempo desde que a ordem de fabrico é gerada até ao produto chegar ao supermercado baixa de 2 dias e uma hora para um dia.

A saída da primeira peça, tempo desde a ordem de fabrico ser gerada até a ultima operação de fabrico estar concluída passa de 1 dia e 2 h para 4 h.

A análise de custos está apresentada no anexo N, onde se pode verificar que, analisando os consumos de perfil 023 no ano anterior (2014), o preço da mão-de-obra no seu fabrico foi de 7911 €, e do perfil 024 de 1188 €.

Com a utilização da máquina projetada, o preço da mão-de-obra para fabricar a mesma quantidade de perfil 023 será de 1161 €, e do perfil 024 será de 177 €, obtendo-se assim uma diferença de 7761 €/ano.

4 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

A presente dissertação dividiu-se em dois temas distintos, o “standard work” das montagens dos produtos standard JPM e o projeto de uma máquina de preparação do perfil deslizante, ainda que se possam interligar pois o componente que a máquina produz, é utilizado na montagem dos produtos standard e algumas operações realizadas pela máquina eram efectuadas na montagem destes produtos.

Esta dualidade de temas fez com que houvesse uma divisão do tempo da dissertação pelos dois temas dedicando assim menos tempo a cada um.

Desta forma, pode concluir-se que o objetivo do tema “standard work” dos produtos standard JPM não foi totalmente atingido, pois apesar de se ter chagado a um processo standard de registo das diferentes sequências de montagem praticadas (gozinto) que serve de análise interna para comparar a melhor sequência e operações de duração mais elevada a melhorar no processo de fabrico e montagem e que serve como manual de montagem do produto, bem como a obtenção de um template de transmissão do “standard work” aos colaboradores, este “standard work” foi feito para apenas alguns produtos standard JPM, ainda que sejam os mais utilizados cmo por exemplo as curvas 023 e 024 e acionamentos.

Estes procedimentos foram implementados obtendo uma boa recetividade por parte dos colaboradores que os seguiam e propunham melhorias que eram analisadas e implementadas caso se verificasse oportuno, fazendo assim aquilo que teoricamente é o “standard work”, o “improvinsg” ou seja, a melhoria de um “standard work” base e obtenção de um novo “standard work” mais eficaz que o anterior.

A implementação do “standard work” nas montagens trouxe uma grande mais-valia que é a facilidade de execução das montagens por alguém não experiente na montagem desse produto, sendo assim possível qualquer operador montar qualquer produto.

O tempo registado de um colaborador não experiente na montagem de uma curva JPM 023 foi de 123 minutos, foi pedido que o mesmo colaborador montasse a curva seguindo o “standard work” e registou-se um tempo de montagem de 95 minutos. Logo, pode concluir-se o acima enunciado, o mesmo colaborador, sem experiencia em montagens, demorou menos 23% seguindo o standard work.

Mesmo com colaboradores experientes na montagem de curvas, houve uma redução do tempo de montagem de 21%, sendo que foi medido o tempo de montagem de um colaborador experiente sem “standard work” de 70 minutos, e com “standard work” registou-se 55 minutos.

Nada se pode concluir ainda quanto à evolução dos tempos de montagem, antes e depois de haver “standard work”, registados no software de gestão PHC, pois são necessárias mais montagens para se poder avaliar uma tendência.

O tempo do “standard work” para a curva de 90°JPM 023 é de 50 minutos e 27 segundos, sendo que os colaboradores normalmente demoram mais, como o caso referido anteriormente que demorou 55 minutos, isto deve-se ao facto de o tempo do “standard work” ser o tempo medido de cada operação isolada, sendo que é normal durante a montagem completa existirem pequenas oscilações devido a fatores imprevistos como a dificuldade de apontar determinado parafuso, algum componente não conforme, troca mais demorada de ferramenta etc.

No que diz respeito a trabalhos futuros, seria de elevada importância a continuação deste trabalho, criando “standard work” para todos os produtos standard JPM.

Depois de todos os produtos terem “standard work” seria interessante atuar ao nível do tempo despendido pelos colaboradores em cada operação, como por exemplo colocar na apresentação do “standard work” um cronómetro decrescente em cada operação que mostrasse o tempo restante em que o colaborador deveria concluir a operação, ou mesmo fazer o avanço automático da apresentação para a próxima operação quando o tempo da operação tivesse acabado. Desta forma os colaboradores despenderiam apenas o tempo necessário em cada operação, cumprindo assim o tempo total de montagem agora mostrado no início da apresentação do “standard work”.

Em relação ao projeto da máquina de perfil, pode concluir-se que foram concluídos os objetivos, o projeto foi desenvolvido e a máquina executa todas as operações de preparação do perfil (furação, corte e estampagem). Inicialmente não estava pensado a inclusão da estampagem na máquina, com o desenvolver da mesma, esta operação foi adicionada e trouxe uma grande mais-valia à máquina pois assim esta prepara totalmente o perfil para a montagem.

No desenvolver do projeto houve uma grande dificuldade no dimensionamento dos cilindros pneumáticos, ou seja, saber qual a força necessária a exercer de forma a, principalmente, cortar os perfis deslizantes. Foi assim necessário recorrer a testes experimentais para obter o diâmetro do cilindro necessário para efetuar as operações.

As medidas do perfil, comprimento e distância entre furos, têm que ter uma elevada precisão, sob pena de posteriormente o perfil não encaixar no componente onde vai ser montado. Desta forma, não pode haver escorregamento entre o sistema de tração do perfil deslizante e o perfil deslizante, esta total garantia só será adquirida experimentalmente quando o sistema estiver em funcionamento. Caso se verifique escorregamento, terá que ser aumentada a força vertical do rolo superior sobre o rolo motor, sem colocar em causa a capacidade de carga dos componentes e a integridade do perfil.

O projeto foi apresentado e aprovado pela administração, que propôs fabricar a máquina começando pela parte central, sem o sistema de fixação do rolo nem o de guiamento do perfil deslizante, para se testar o funcionamento e de seguida fabricar as partes restantes conforme a resposta de funcionamento da máquina.

A máquina sofreu uma grande evolução durante o seu projeto, que começou por ser algo mais simples e rudimentar ainda que menos dispendioso, mas que se verificou mais tarde que não seria eficaz, passando para uma máquina mais complexa em termos de maior número de componentes mas que é mais versátil e fácil de operar. A máquina não está preparada para

cortar o perfil 021, apenas por ser necessário uma força de corte muito elevada em comparação com os restantes perfis, necessitando assim de se recorrer a um cilindro demasiado grande para configuração da máquina ou até recorrer a cilindros hidráulicos. Como o perfil 021 não é furado nem estampado, as barras são rígidas e é pouco utilizado, para efetuar apenas o seu corte a diferença entre cortá-lo na máquina automática ou manual seria muito pouca, existindo até a opção de o comprar já com o comprimento pretendido.

Segundo Luís Reis, a máquina de perfil traz melhorias de produtividade de 1500% o tempo de ciclo melhorou 96% e a saída da primeira peça em 81%, trouxe ainda a possibilidade de tornar este fabrico um processo standard eliminando assim toda a variedade de sequências e operações existentes até então.

A execução de todas as operações de preparação do perfil no mesmo local e de forma automática traz ainda outra vantagem que o facto de se poder montar o perfil nos componentes em curva e cravar e de seguida montar o componente. Isto não era antes possível sem o recurso a um molde, sendo que agora não são necessários moldes eliminando-se duas operações, a de montar e desmontar as laterais do componente.

Como trabalhos futuros, seria acompanhar o fabrico da máquina, o desenvolvimento e montagem de todos os componentes que a constituem, depois da máquina construída deverá principalmente assegurar-se que não existe escorregamento entre os rolos de tração e o perfil deslizante bem como o bom funcionamento de todos os componentes.

Estando a máquina totalmente afinada, segue-se a programação desta, fazendo as “receitas”, ou seja, o ciclo de operações para cada referência de perfil.

Poderá ainda ser feito um novo estudo, agora que já se possui mais dados do funcionamento prático da máquina, para averiguar a existência de possíveis melhorias de desempenho da mesma.

Apreciação final

A presente dissertação em ambiente empresarial, na JPM, decorreu toda ela de forma exemplar e acolhedora, foi uma grande experiência profissional onde obtive um grande conhecimento no que diz respeito ao projeto e fabrico de soluções mecânicas bem como os princípios em que assenta a filosofia Lean, em particular o “standard work”. O acompanhamento de outros projetos desenvolvidos na JPM, proporcionou-me um grande conhecimento de todas as fases de um projeto e as suas condicionantes, o que me permite concluir que esta dissertação foi uma mais-valia e o facto de me terem convidado a continuar o meu percurso na JPM, deixou-me ainda mais satisfeito com o trabalho desenvolvido.

5 Bibliografia

Egoshi, K. (2006), OS 5 S DA ADMINISTRAÇÃO JAPONESA. Disponível em http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/5s/Index.htm;

Imai, M. (2008), KAIZEN Institute. De KAIZEN Institute: www.kaizen.com;

Imai, M. (1992), Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo, IMAM Ed, versão 5, São Paulo;

Industrial Circuits Application Note. Stepper Motor Basics. Disponível em <http://www.solarbotics.net/library/pdflib/pdf/motorbas.pdf>

Industrial Electronics & Applications, 2009. Servomotores. Disponível em <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=5343620#TitleHist>;

Lean enterprise institute, The culture of continuous improvement. Disponível em <http://www.lean.org/Workshops/WorkshopDescription.cfm?WorkshopId=82>;

Lima, F. 2013, Atuadores pneumáticos. Disponível em <http://pt.slideshare.net/franciscoalveslimajunior/aula-11-atuadores-pneumaticos>;

Micro, Cilindros pneumáticos. Disponível em <http://www.armax.com.br/download/micro-cilindros.pdf>;

Morais. Simões, (2007) – Desenho técnico básico. Editora: Gráficos Reunidos, Lda. ISBN 972-96525-2-X.

Moreira, F. 2010, Os princípios do Lean thinking. Disponível em <http://www.portal-gestao.com/item/6002-os-princ%C3%ADpios-do-lean-thinking.html>;

Oehler, K. 1977, “Herramientas de Troquelar, Estampar y Embutir” Ed. Gustavo Gili;

Ohno, T. (1997), O Sistema Toyota de Produção – Além da produção em larga escala. Porto Alegre: Artes Médicas;

Salonitis, K. 2014, Lecturer in Manufacturing Systems, disponível em <http://www.cranfield.ac.uk/>;

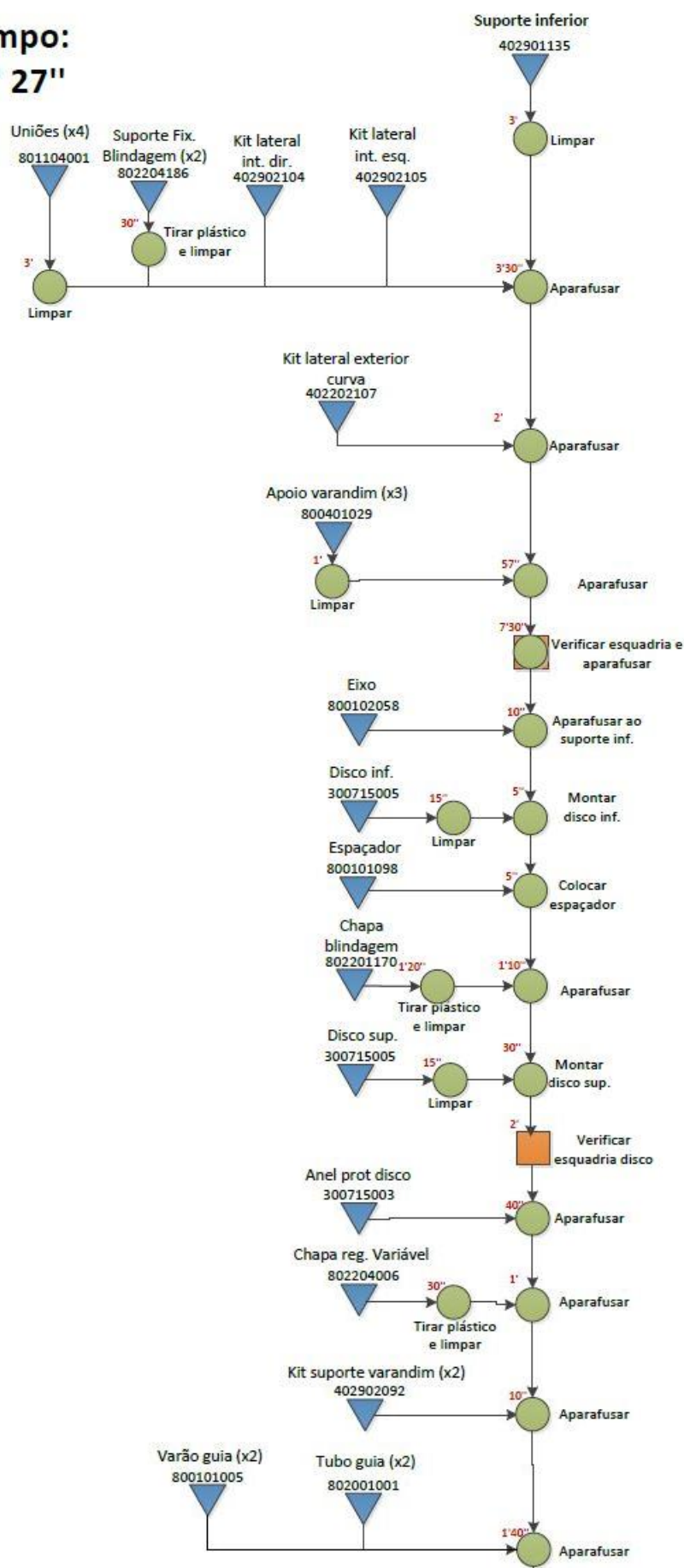
Whithmore, T. 2008, Standardized Work. Manufacturing Engineering, v. 140, n. 5;

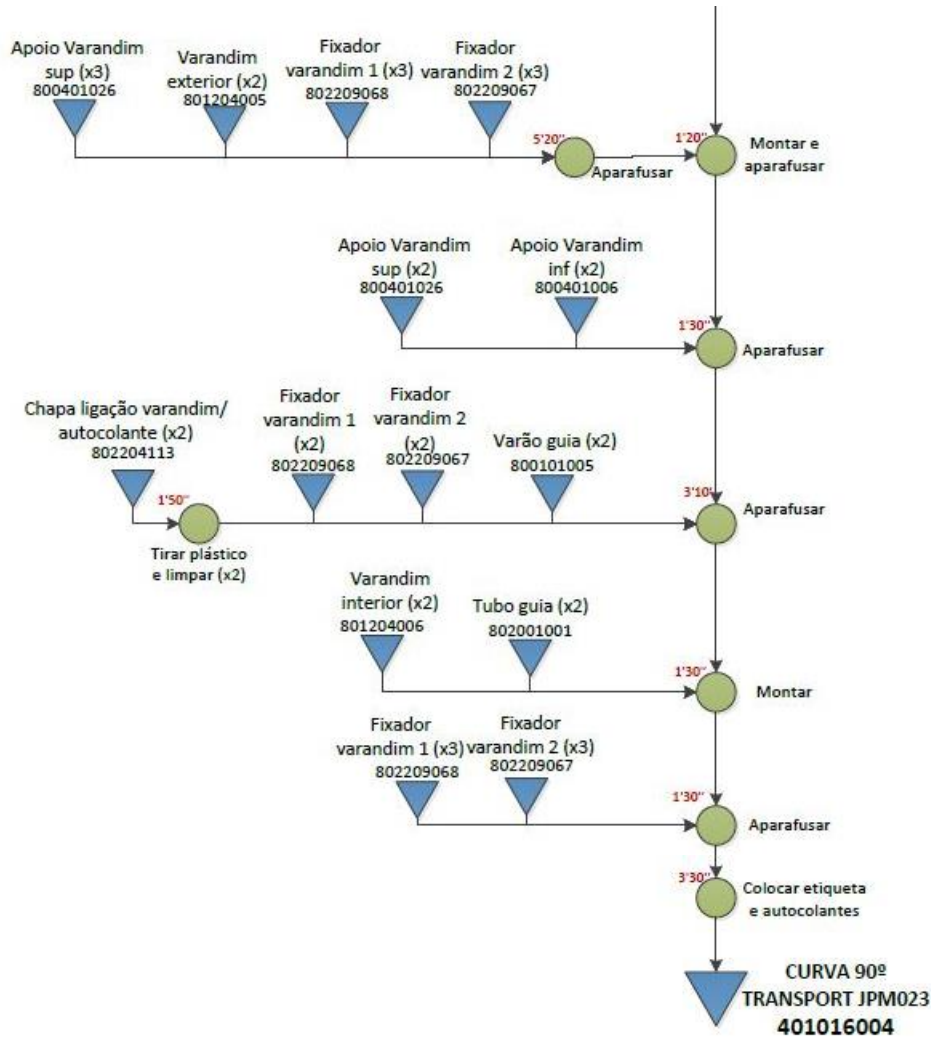
Womack, J. & Jones, D. (2004), Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. New York, EUA: Simon and Schuster;

**ANEXO A: Gozinto montagem e embalamento curva 90° JPM
023**

		Equipamento: CURVA 90º TRANSPORT JPM023 Referência: 401016004	"Standard work" Versão: 1
---	---	--	-------------------------------------

Tempo:
50' 27"





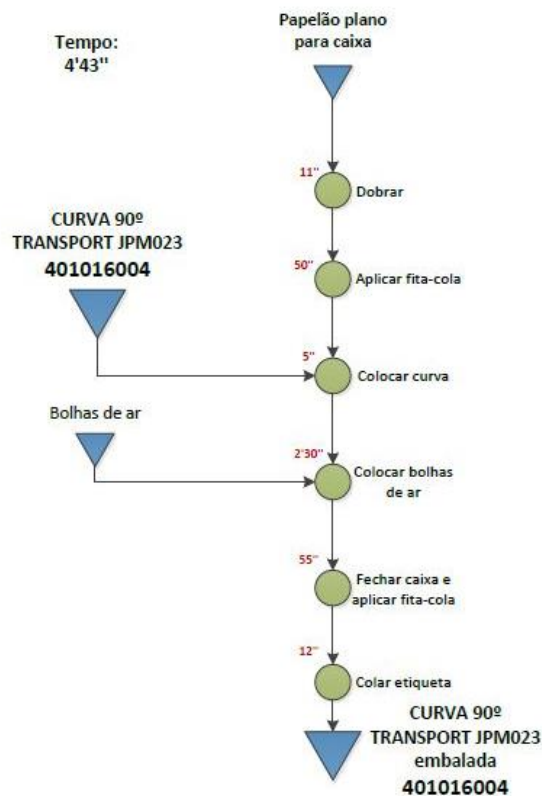
Vale de Cambra, 23 de Março de 2015

Luís Bernardo



Equipamento: CURVA 90º TRANSPORT JPM023
Referência: 401016004

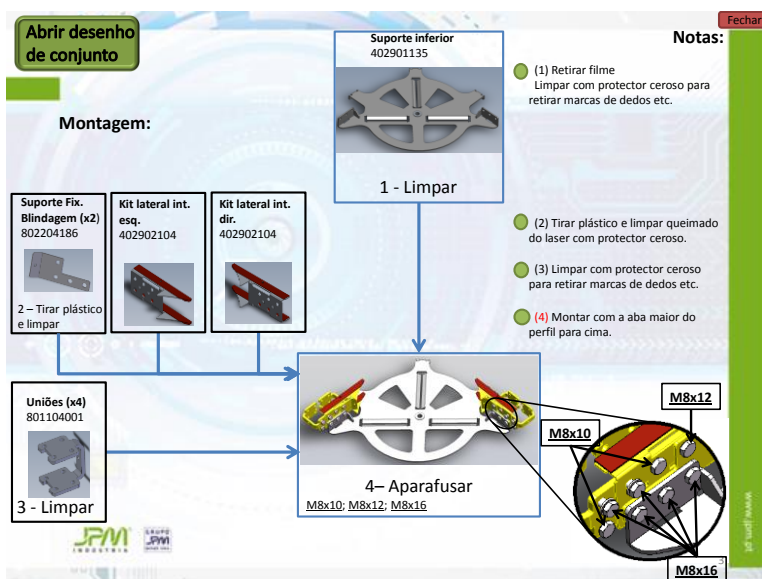
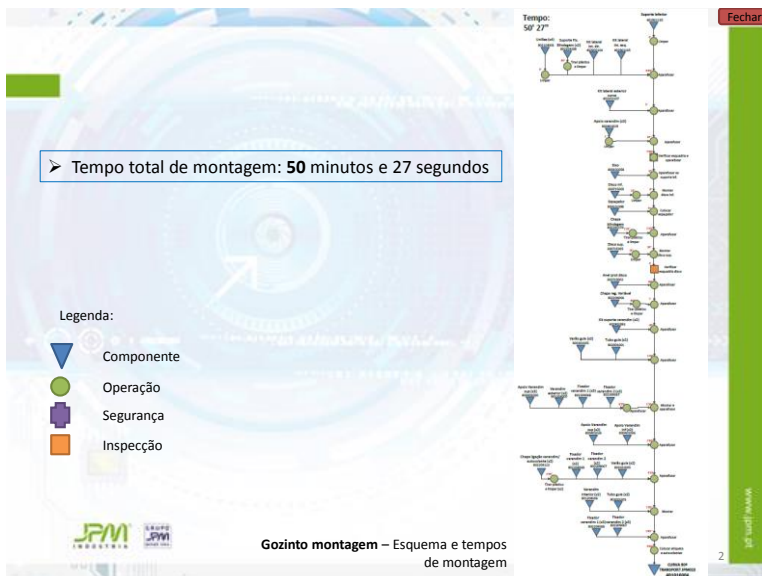
Versão: 1



Vale de Cambra, 23 de Março de 2015

Luís Bernardo

ANEXO B: Apresentação “standard work” curva 90° JPM023



Fechar

Abrir desenho de conjunto

Notas:

Kit lateral exterior curva
402202107

An image showing a curved metal bracket or support part, which is part of the assembly kit.

Diagram illustrating the assembly of the outer curved side kit (M8x10, M8x16) onto the main frame (5 - Aparafusar).

- (5) Montar com a aba maior do perfil para cima.

Close-up view of the mounting process, showing the screws (M8x16 and M8x10) being used to secure the components.

Apoio varandim (x3)
800401029

An image showing a balcony support component, which is part of the assembly kit.

6 - Limpar

Diagram illustrating the assembly of the balcony support (M8x10, M8x12) onto the main frame (7 - Aparafusar).

- (6) Limpar com protector ceroso para retirar marcas de dedos etc.
- (7) Aparafusar, verificar esquadria e aparafusar definitivamente todos os parafusos.

Close-up view of the final assembly, showing the screws (M8x12 and M8x10) securing the components.

4

Abrir desenho de conjunto

Fechar

Notas:

Elxo
800102058

Disco inf.
300715005

9 - limpar

Espaçador
800101098

8 – Aparafusar

M10x20

Anilha M10

10 – Montar

- (9) Limpar com protector ceroso para retirar marcas de dedos etc.

JPM INDUSTRIA

30/07/2020

Abrir desenho de conjunto

Chapa blindagem
802201170

11 - tirar plástico e limpar

Disco sup.
300715005

13 - limpar

Anel prot.
800101098

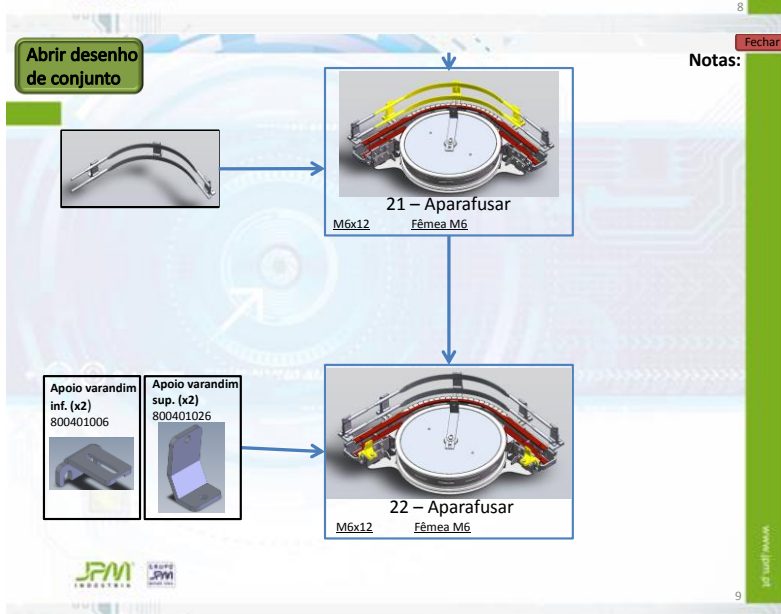
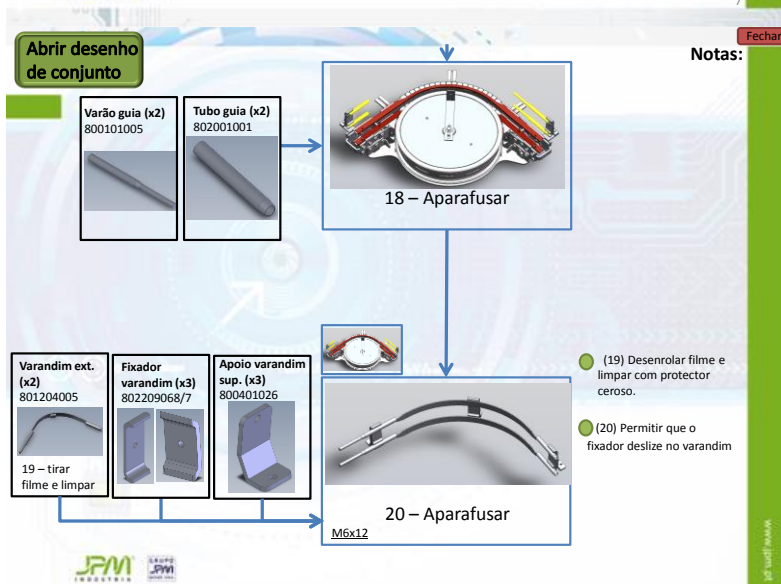
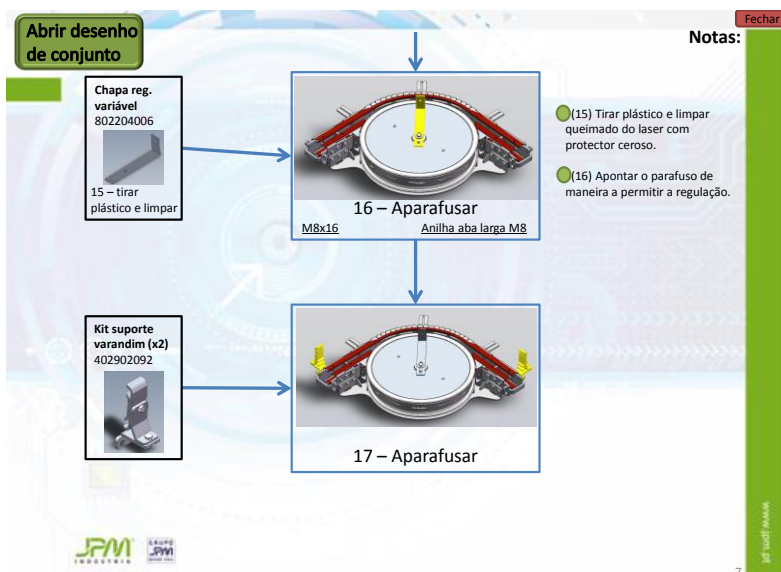
12 – Aparafusar
M5x8 Anilha M5

14 – Montar

Notas:

- (11) Tirar plástico e limpar queimado do laser com protector ceroso.
- (13) Limpar com protector ceroso para retirar marcas de dedos etc.
- (14) Verificar se os discos giram livremente. Verificar alinhamento e esquadra do disco, ajustar o veio se necessário.

The diagram illustrates the assembly process for a mechanical component, likely a laser assembly. It shows four main steps: 11 (removing plastic and cleaning), 12 (tightening screws), 13 (cleaning the top disc), and 14 (assembling the protective ring). The parts list includes: Chapa blindagem (802201170), Disco sup. (300715005), Anel prot. (800101098), M5x8 screws, and Anilha M5. The notes provide additional instructions for each step, such as using a laser protector for cleaning and verifying the free rotation of the discs.



Abrir desenho de conjunto

Notas:

Fechar

Fixador varandim (x2)
802209068/7

Chapa ligação varandim (x2)
802204113

23 – tirar plástico e limpar

Varão guia (x2)
800101005

24 – Montar e Aparafusar
M6x16

(23) Tirar plástico e limpar queimado do laser com protector ceroso.

JPM INDUSTRIA

10

Abrir desenho de conjunto

Notas:

Fechar

Varandim int. (x2)
801204006

Tubo guia (x2)
802001001

25 – tirar filme e limpar

26 – Montar

(25) Desenrolar filme e limpar com protector ceroso.

Fixador varandim (x3)
802209068/7

26 – Montar e Aparafusar
M6x12

(26) Verificar se o disco gira livremente.

JPM INDUSTRIA

11

Abrir desenho de conjunto

Notas:

Fechar

27 – Colar etiqueta, autocolantes e setas
28 – pedir inspecção
CURVA 90º TRANSPORT JPM023 401016004

(27) Limpar local de colagem com acetona.

Embalar

Iniciar nova montagem

JPM INDUSTRIA

12

Fechar

➤ Tempo total de embalagem: **4 minutos e 43 segundos**

Legenda:

- ▼ Componente
- Operação
- Segurança
- Inspeção

Gozinto embalagem – Esquema e tempos de embalagem

Tempo: 4'43"

```

graph TD
    A[Papelão plano para caixa] --> B((Dobrar 11s))
    B --> C((Aplicar fita-cola 30s))
    C --> D((Colocar curva 5s))
    D --> E((Colocar bolhas de ar 2'30s))
    E --> F((Fechar caixa e aplicar fita-cola 10s))
    F --> G((Colar etiqueta 12s))
    G --> H[CURVA 90º TRANSPORT JPM023 embalada 401016004]
            
```

13

Embalamento:

Papelão para caixa

30 – Dobrar e colocar fita-cola

Curva

31 – Colocar curva na caixa

Notas:

(30) Dobrar abas de maneira a esconder letras do fabricante da caixa

14

32 – Colocar bolhas de ar

33 – Fechar caixa e colar etiqueta

Notas:

(32) Preencher todos os espaços vazios

(33) Colar etiqueta na face 'limpa' que não tem fita-cola

15

Iniciar novo embalagem

Iniciar nova montagem

89

ANEXO C: Folha de dúvidas/melhorias do “standard work”

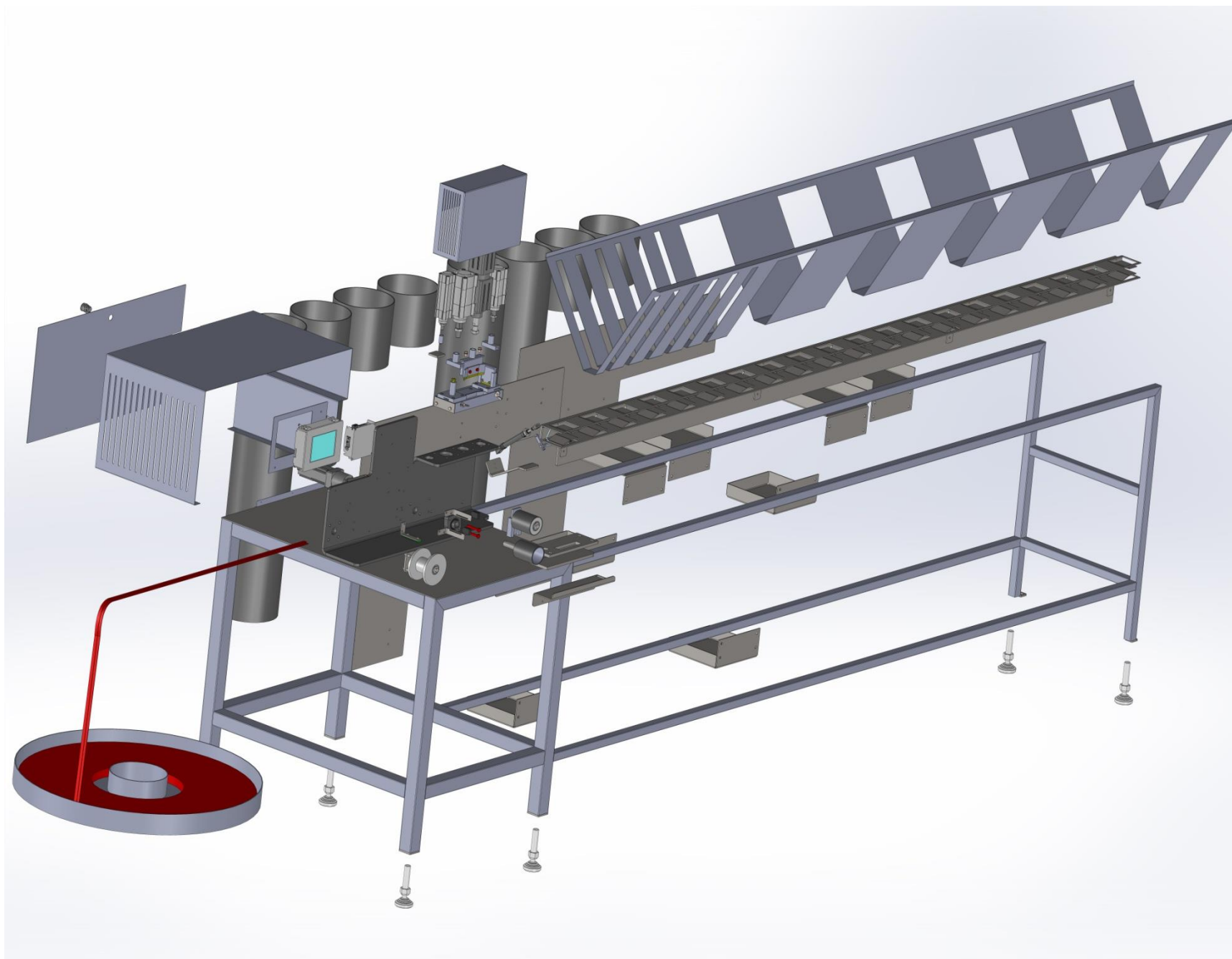


Standard work

Nome	Nº Colaborador	Ref. Equipamento	Dúvida/melhoria	Nº operação	Data	Vista
			Dúvida <input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
			Melhoria <input type="checkbox"/>		___/___/20___	<input type="checkbox"/>
			Dúvida <input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
			Melhoria <input type="checkbox"/>		___/___/20___	<input type="checkbox"/>
			Dúvida <input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
			Melhoria <input type="checkbox"/>		___/___/20___	<input type="checkbox"/>
			Dúvida <input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
			Melhoria <input type="checkbox"/>		___/___/20___	<input type="checkbox"/>
			Dúvida <input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
			Melhoria <input type="checkbox"/>		___/___/20___	<input type="checkbox"/>
			Dúvida <input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
			Melhoria <input type="checkbox"/>		___/___/20___	<input type="checkbox"/>
			Dúvida <input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
			Melhoria <input type="checkbox"/>		___/___/20___	<input type="checkbox"/>
			Dúvida <input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
			Melhoria <input type="checkbox"/>		___/___/20___	<input type="checkbox"/>
			Dúvida <input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
			Melhoria <input type="checkbox"/>		___/___/20___	<input type="checkbox"/>

06-05-2015

ANEXO D: Vista explodida versão final da máquina



ANEXO E: Especificações técnicas do motor de passo


Motor de passo EMMS-ST-57-M-SE-G2


Código da peça: 1370479

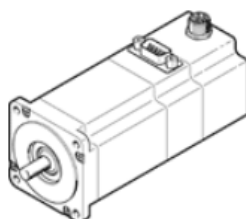
★ Linha de produtos básicos

Sem engrenagem, sem freio.

FESTO

 Condições gerais de operação

 Ficha técnica



Ficha técnica

Característica	Valores
Data da entrega:	→ Visualizar
Ângulo do passo em passos completos	1,8 deg
Tolerância do ângulo dos passos	±5%
Sensor de posição do rotor	Encoder incremental
Interface do encoder de posição do rotor	RS422 TTL canal AB + índice zero
Princípio de medição do encoder de posição do rotor	óptico
Rotação máxima	1.940 1/min
Classe de proteção isolante	B
Tensão operacional nominal c.c.	48 V
Corrente nominal do motor	5 A
Resistência da bobina fase	0,25 Ohm
Indutância da bobina fase	0,95 mH
Fase de tensão constante	25,5 mV/min
Classe de medição conforme EN 60034-1	S1
Certificação CE (veja Declaração de Conformidade)	conforme Diretriz EU-EMV
Classe de resistência à corrosão KBK	1
Temperatura de armazenamento	-20 ... 70 °C
Umidade relativa do ar	0 - 85 %
Classe de proteção	IP54
Temperatura ambiente	-10 ... 50 °C
Classe térmica conforme EN 60034-1	B
Autorização	c UL us - Recognized (OL) RCM Mark
Momento de inércia geral na alimentação de ar comprimido	0,48 kgcm2
Torque de fixação de freio	1 Nm
Torque de fixação do motor	1,4 Nm
Momento de inércia do rotor	0,48 kgcm2
Carga do eixo axial admissível	10 N
Carga de eixo radial admissível	52 N
Peso do produto	1.200 g
Técnica de conexão elétrica	Conector
Observações sobre material	Conforme RoHS
Conforme norma	IEC 60034

ANEXO F: Especificações técnicas do redutor



Transmissão EMGA-60-P-G5-SST-57

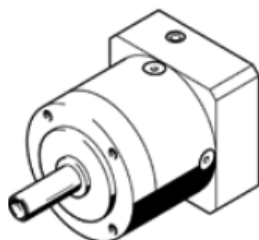
Código da peça: 549431

★ Linha de produtos básicos

Próprio para motor de passo EMMS-ST-...

FESTO

 Condições gerais de operação
 Ficha técnica

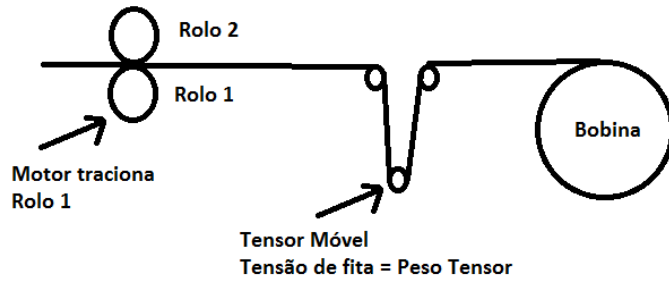


Ficha técnica

Característica	Valores
Data da entrega:	→ Visualizar
Tamanho do flange da redução	60 mm
Tamanho do flange do motor	57 mm
Folga de torção	0,17 deg
Tipo de engrenagem	Conjunto de engrenagem planetária
Relação de transmissão	5:1
Máx. velocidade de acionamento	13.000 1/min
Temperatura operacional da engrenagem	-25 ... 90 °C
Classe de proteção	IP54
Torque contínuo de saída	22 Nm
Momento de inércia do câmbio	0,078 kgcm ²
Máx. torque de saída	35,2 Nm
Máx. eficiência	98 %
Resistência à torção	2,3 Nm/arcmin
Peso do produto	900 g
Interface da redução, eixo de saída	60G
Interface da redução, eixo de acionamento	57A

ANEXO G: Estudo técnico dimensionamento motor (Festo)

Mecanismo de desenrolamento tensionado



Rolos		
Diâmetro interno:	0	mm
Diâmetro externo:	63,6	mm
Densidade:	7,8	kg/dm³
Comprimento:	40	mm
MMI Rolo 1:	5,012	kg.cm²
MMI Rolo 2:	5,012	kg.cm²
MMI Carga Linear:	25,281	kg.cm²
MMI Total:	35,305	kg.cm²
Arrasto Linear	1000	mm
Perímetro rolo	199,8053	mm
Ângulo movimento	1801,754	°
Tempo movimento	3	s

Massa de tensor móvel		
Massa:	10	kg
Binário resultante:	1,5582	N.m

Direct input of J Rotor Square form Shaft perpendicular to axis Shaft in line to rotary axis

d_0 External diameter

d_1 Internal diameter

l Length

Density[kg/dm³]

☒ 7.8 (Steel) ☐ 2.7 (Aluminium) ☐ 0.0

Eccentric configuration

e Distance of centre of gravity to rotary axis

63.6 mm

0 mm

40 mm

Result

m_1 0.991 kg

J_1 5.012 kg cm²

Designation

Shaft in line to rotary axis

+ Adds - Subtracts

Required input

Mounting position



- ☒ Horizontal
- ☐ Vertical
- ☐ Any

Motor / Rotary module

Mass moment of inertia

Distance of centre of gravity to rotary axis

External torque

- ☒ Decelerating
- ☐ Accelerating

Optional input

Motion profile

- ☐ Run-up and continuous operation
- ☐ Detailed motion profile
- ☒ Critical rotation

Rotation angle

Travel time


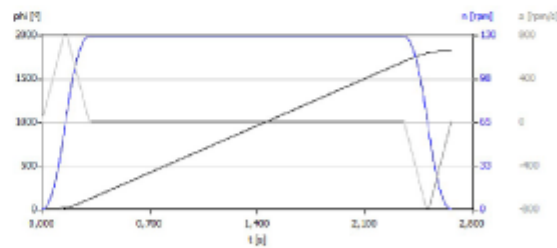
Axis technology

- ☒ Motor 0,923 ..4,287 s
- ☐ Rotary module

ANEXO H: Sistema controlador de posicionamento.

Positioning Solution proposal for positioning drives

FESTO
PositioningDrives
Version 2.2.16
04-05-2015

													
<p>Motor: EMMS-ST-57-M-SE-G2 Gear: 5:1 EMGA-60-P-G5-SST-57</p>	<p>Controller: CMMO-ST-C5-1-DIOP Power section 24 VDC</p>												
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Technical data</td> <td style="width: 50%;">Load calculated from:</td> </tr> <tr> <td>Motor type</td> <td>Stepper, "ServoLite"</td> </tr> <tr> <td>Maximum ambient air temperature</td> <td>25 °C</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Rotation angle Required 1800 °</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Mass moment of inertia 35,305 kgcm²</td> </tr> <tr> <td></td> <td>External torque -1,56 Nm</td> </tr> </table>		Technical data	Load calculated from:	Motor type	Stepper, "ServoLite"	Maximum ambient air temperature	25 °C		Rotation angle Required 1800 °		Mass moment of inertia 35,305 kgcm ²		External torque -1,56 Nm
Technical data	Load calculated from:												
Motor type	Stepper, "ServoLite"												
Maximum ambient air temperature	25 °C												
	Rotation angle Required 1800 °												
	Mass moment of inertia 35,305 kgcm ²												
	External torque -1,56 Nm												
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>This solution offers you the following performance</p> <p>Travel time (1800 °) 2,654 s</p> <p>Load Motor 96 %</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>Motion profile see diagram (Critical rotation)</p>  </div> </div>													
<p>Please ensure that the following dynamic values the dimensioning is based on do not exceed the limit values of your equipment: Relating to takeoff side (Gear transmission ratio 5:1) Revolution: 128 rpm, Acceleration: 786 rpm/s, Deceleration: 786 rpm/s</p>													
<p>Festo does not guarantee the suitability of any equipment ordered pursuant to the use of this software for any particular purpose unless that purpose has been fully explained to Festo. Moreover, this software should not be relied upon for the determination of any characteristics which can be otherwise independently verified. Festo cannot be held liable for claims due to failure to achieve the calculated results, including the case of errors in calculation. - The right to make changes is always reserved -</p>													

Positioning Bill of materials

FESTO
PositioningDrives
Version 2.2.16
04-05-2015

Part No.	Amount	Unit	Order code	Designation
1	549431	1	PCS	EMGA-60-P-G5-SST-57
2	1370479	1	PCS	EMMS-ST-57-M-SE-G2
3	1512316	1	PCS	CMMO-ST-C5-1-DIOP
4	8001373	1	PCS	NEBC-S1G25-K-3.2-N-LE25
5	1451676	1	PCS	NEBM-M12W8-E-5-LE8
6	1450738	1	PCS	NEBM-S1W9-E-5-Q5-LE6



Do not forget

Power supply
Cable
Sensors
Assembly accessories

Positioning Dynamic data



PositioningDrives

Version 2.2.16

04-05-2015

Relating to takeoff side (Gear)

Gear transmission ratio	5:1
Maximum revolution	128 rpm
Calculated maximum acceleration	786 rpm/s
Required maximum torque	1,99 Nm

Maximum jerk 5456 rpm/s²

Displacement during emergency stop 6,27 °

Deceleration Max. possible = 7817 rpm/s (Worst case with "Calculated maximum speed")

Controller: CMMO-ST-C5-1-DIOP

Motor

Type	EMMS-ST-57-M-SE-G2
Maximum motor revolution	639 rpm
Acceleration torque	0,45 Nm
External torque + Friction	0,37 Nm
Controller voltage stepper motor	24 V DC
Calculated maximum power	45,5 W
Calculated maximum current	1,9 A
Current for emergency stop	1,8 A

Mass moment of inertia

Rotatory	35,306 kgcm ²
External moment of inertia with respect to motor	1,490 kgcm ²
Moment of inertia ratio	4,10

Positioning Product data



PositioningDrives
Version 2.2.16
04-05-2015

Relating to takeoff side (Gear) 5:1

Torque 6,65 Nm

Total Mass moment of inertia = 12,103 kgcm²
(Selected drive, Relating to takeoff side)

Maximum acceleration 52440 rpm/s

Maximum revolution 1041 rpm

with: External torque = 1,56 Nm

Motor EMMS-ST-57-M-SE-G2

Maximum speed (Max. Voltage = 48 V) 1940 rpm

Holding torque 1,40 Nm

Rated current 5,0 A

Mass moment of inertia 0,480 kgcm²

Maximum ambient air temperature 50 °C

Controller CMMO-ST-C5-1-DIOP

Supply voltage

Logic section 24 V DC

Power section 24 V DC

Rated current 5,7 A

Peak current 5,7 A

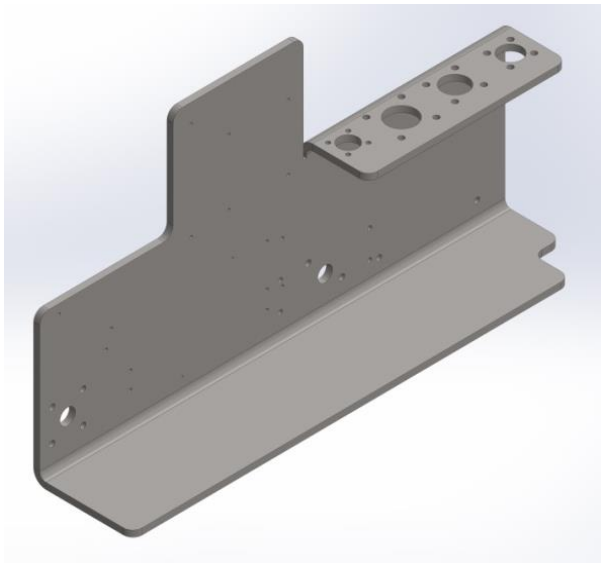
Gear EMGA-60-P-G5-SST-57

Gear transmission ratio 5:1

Efficiency factor 97 %

Mass moment of inertia 0,078 kgcm²

ANEXO I: Simulação esforços chapa principal.



Description
No Data

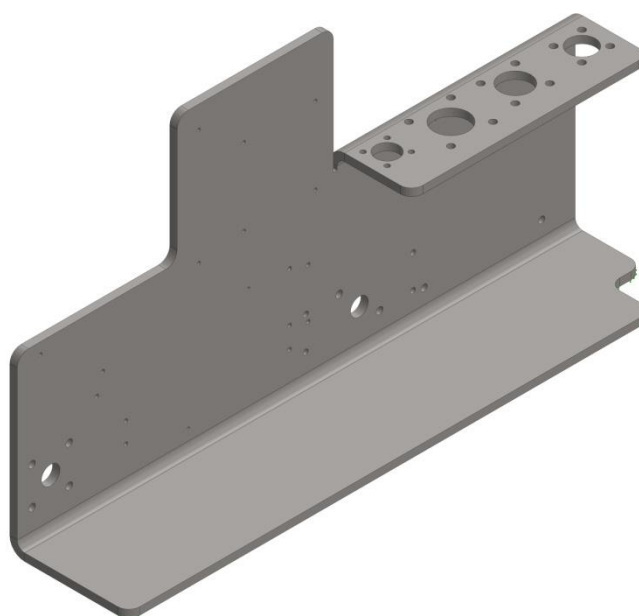
Simulation of chapa suporte

Date: quarta-feira, 24 de Junho de 2015
Designer: Solidworks
Study name: SimulationXpress Study
Analysis type: Static

6	Table of Contents	
Description	.....	103
Assumptions	.....	104
Model Information	.....	104
Material Properties	.....	105
Loads and Fixtures	.....	105
Mesh Information	.....	106
Study Results	.....	107
Conclusion	.....	109

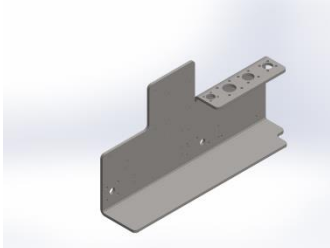
Assumptions

Model Information

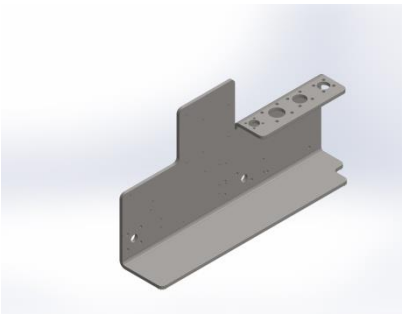


Model name: chapa suporte
Current Configuration: Default

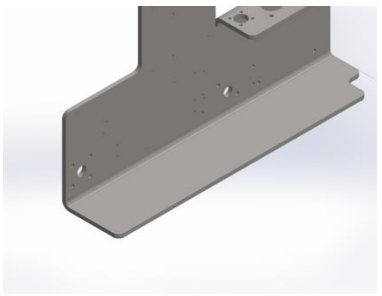
Solid Bodies

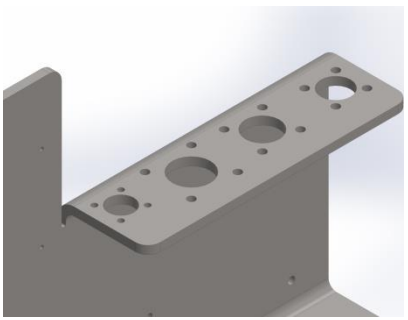
Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
M5 Tapped Hole3 	Solid Body	Mass:27.7634 kg Volume:0.00347042 m ³ Density:8000 kg/m ³ Weight:272.081 N	\\DADOS\StdWorkBase\maquina corte perfil\projecto SW\maquina corte perfil versoes anteriores\Maquina corte perfil com estampagem e 5 cilindros\chapa suporte.SLDPRT Jun 11 15:44:00 2015

Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	Name: AISI 304 Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Unknown Yield strength: 2.06807e+008 N/m ² Tensile strength: 5.17017e+008 N/m ²	SolidBody 1(M5 Tapped Hole3)(chapa suporte)

Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details
Fixed-1		Entities: 1 face(s) Type: Fixed Geometry

Load name	Load Image	Load Details
Force-1		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: 2200 N Phase Angle: 0 Units: deg

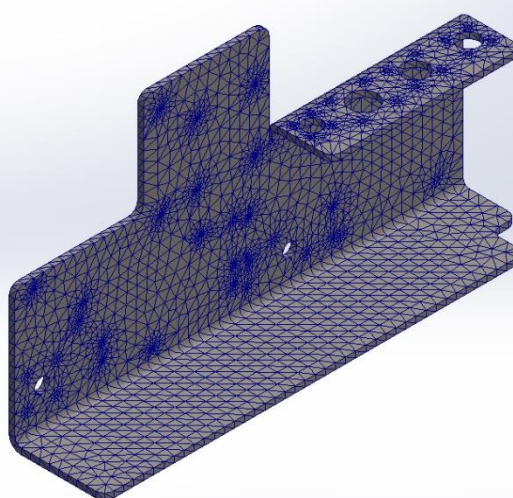
Mesh Information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Standard mesh
Automatic Transition:	Off
Include Mesh Auto Loops:	Off
Jacobian points	4 Points
Element Size	17.1814 mm
Tolerance	0.859072 mm
Mesh Quality	High

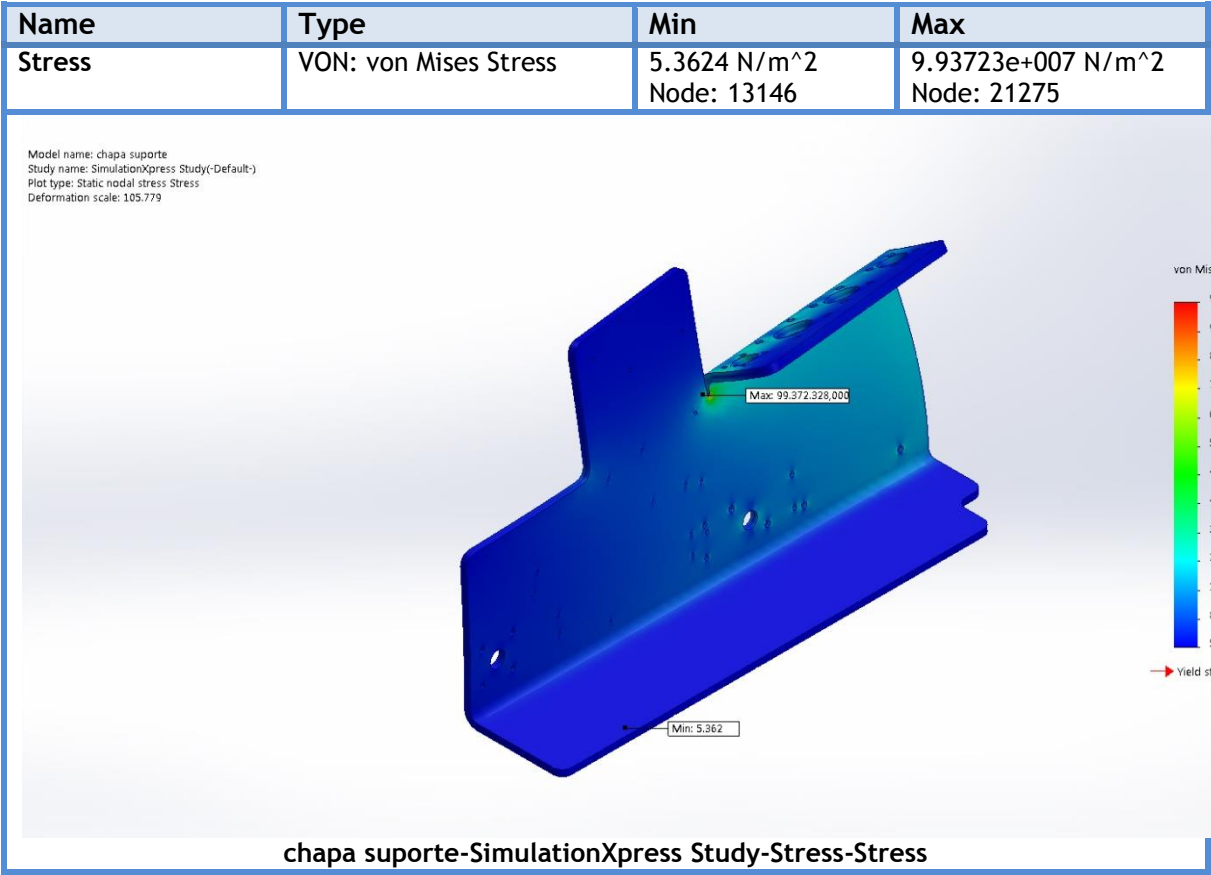
Mesh Information - Details

Total Nodes	37825
Total Elements	19807
Maximum Aspect Ratio	21.755
% of elements with Aspect Ratio < 3	87.2
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.0404
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:03
Computer name:	JPM-SW

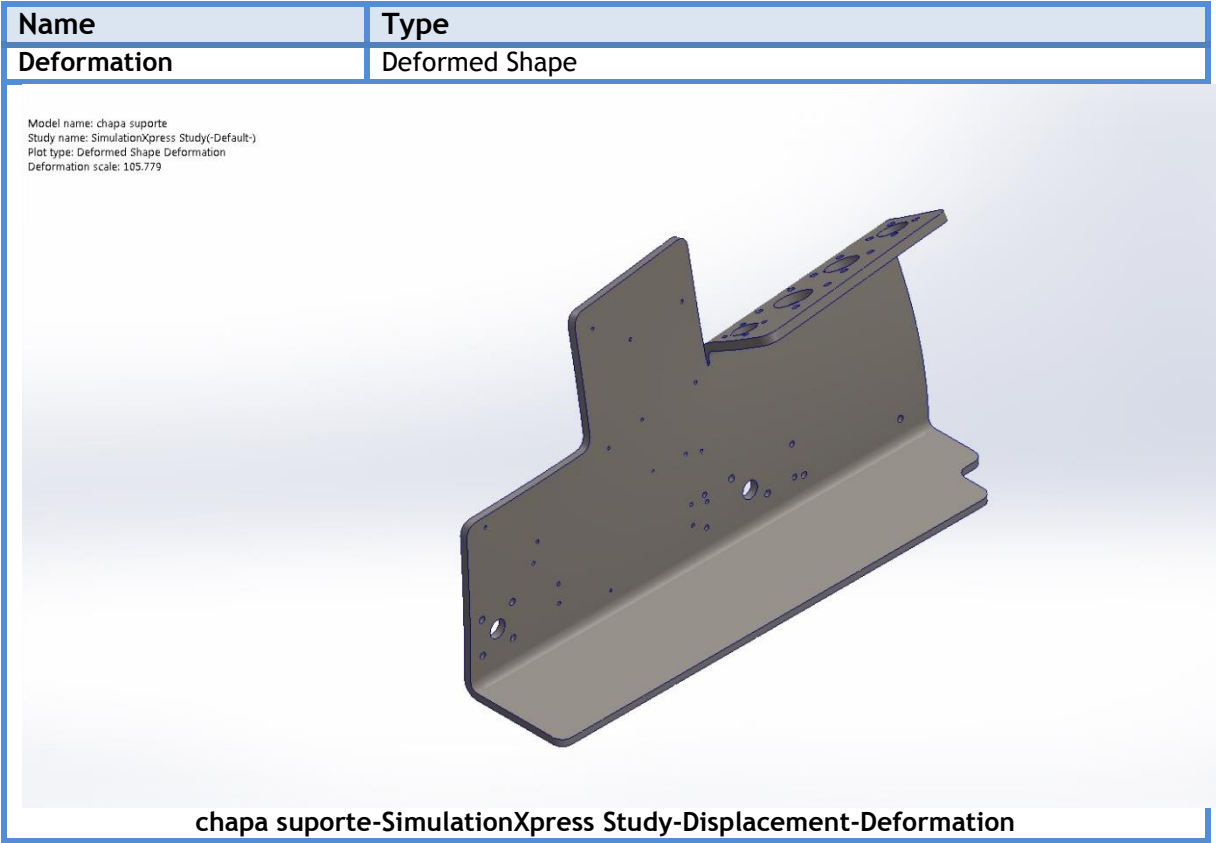
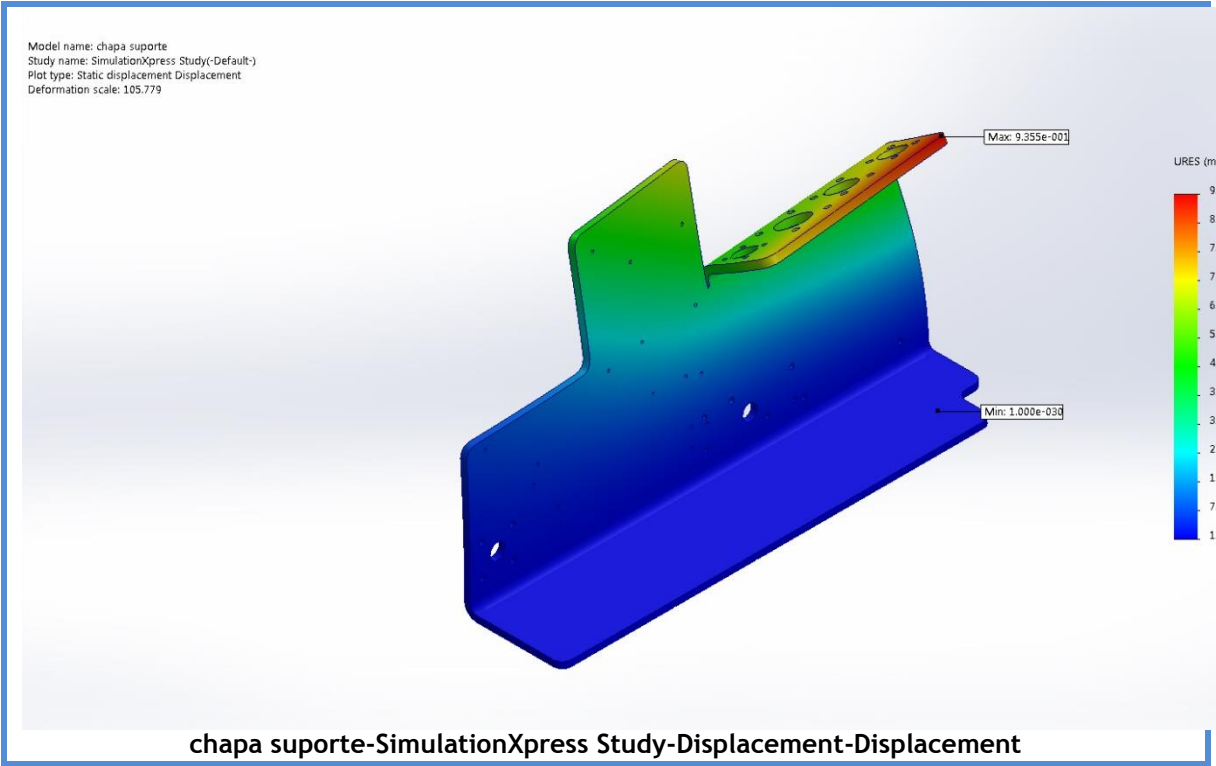
Model name: chapa suporte
Study name: SimulationXpress Study(-Default-)
Mesh type: Solid mesh



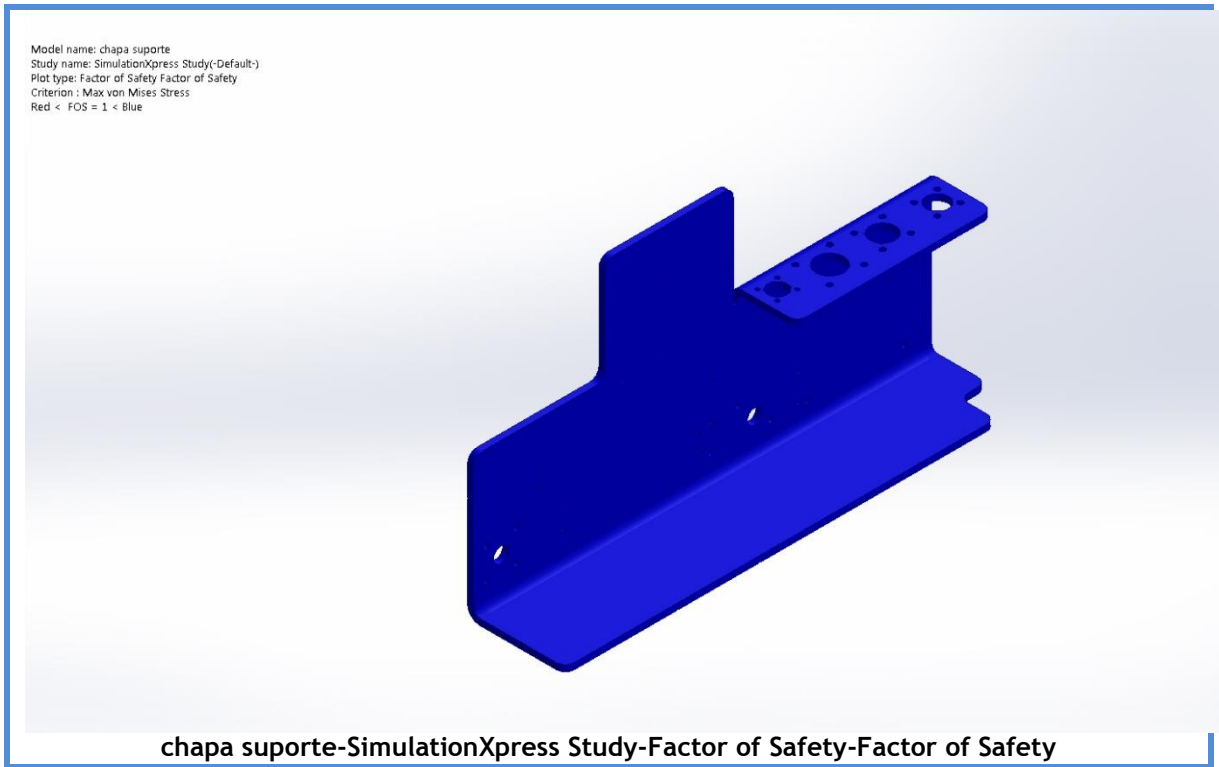
Study Results



Name	Type	Min	Max
Displacement	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 2395	0.935483 mm Node: 4814



Name	Type	Min	Max
Factor of Safety	Max von Mises Stress	2.08113 Node: 21275	3.85661e+007 Node: 13146

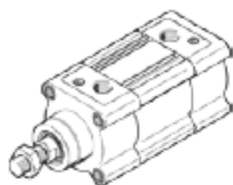


Conclusion

ANEXO J.1: Características técnicas cilindro de furação (DSBC-63-Q-20-PPSA).

Atuador normalizado**DSBC-...-63- -**

Código da peça: 1463475

FESTO**Ficha técnica**

Especificações técnicas gerais – os valores individuais dependem da sua configuração.

Característica	Valores
Curso	1 ... 2.800 mm
Diâmetro do êmbolo	63 mm
Amortecimento	P: Anéis/placas de amortecimento elástico nas posições finais de curso PPS: amortecimento pneumático autoajustável nas posições finais PPV: Amortecimento pneumático regulável nas posições finais de curso
Posição de instalação	Nos dois lados
Princípio construtivo	Tubo perfilado Haste Êmbolo
Deteção de posição	Para sensor de proximidade
Variantes	Haste do êmbolo unilateral Anel raspador rígido Proteção sanfonada Ranhuradas para sensor nos 3 lados do perfil Casquilho sinterizado Unidade de fixação integrada Faixa de temperatura -40 - 80 °C Faixa de temperatura 0 - 150 °C Vedações resistentes a temperaturas de até 120°C Haste passante Baixo atrito Movimento lento constante Com proteção antigiro Haste prolongada Haste com rosca interna Haste prolongada com rosca externa Para operação sem lubrificante Trava na posição final, parte dianteira Trava nas duas posições finais Trava na posição final, parte traseira Maior resistência a produtos químicos
Pressão de trabalho	0,1 ... 12 bar
Modo de operação	de dupla ação
Categoria ATEX para ambiente explosivo a gás	II 2G
Tipo de proteção contra a combustão de gás inflamável	c T4
Categoria ATEX para ambiente explosivo a poeira	II 2D
Tipo de proteção contra a combustão de poeiras combustíveis	c T120°C
Temperatura do ambiente potencialmente explosivo	-20°C ≤ Ta ≤ +60°C
Meio operacional	Ar comprimido conforme ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Observação sobre meio operacional e do piloto	Permite operação com lubrificação (necessária para operações subsequentes)
Certificação CE (veja Declaração de Conformidade)	conforme Diretiva EU relativa à proteção contra explosões (ATEX)
Classe de resistência à corrosão KBK	3 2
Característica	Valores
Temperatura ambiente	-40 ... 150 °C
Energia de impacto nas posições finais	1,3 J
Força teórica a 6 bar, retorno	1.682 N
Força teórica a 6 bar, avanço	1.682 ... 1.870 N
Massa móvel com curso de 0 mm	430 g
Peso adicional por 10 mm de curso	62 g
Peso básico para curso de 0 mm	1.740 g
Fator de massa adicional por 10 mm de curso	25 g
Tipo de fixação	com rosca interna com acessórios Opcional:
Conexão pneumática	G3/8
Observações sobre material	Conforme RoHS
Informação sobre material, tampão	Injetados de alumínio revestido
Informação sobre material, vedações	TPE-U(PI)
Informação sobre material, camisa do cilindro	Liga de alumínio anodizado liso

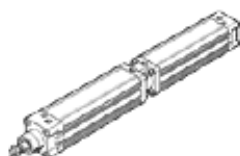
ANEXO J.2: Características técnicas cilindro de estampagem (DNCT-50-20-PPV-A).

Atuador de múltiplas posições DNCT-50- -PPV-A

Código da peça: 191108

FESTO

Deteção de posição só é possível na camisa do lado da haste.
Conforme ISO 15552, com camisa perfilada, opção de deteção e amortecimento regulável nas posições finais.



Ficha técnica

Característica	Valores
Curso	2 ... 500 mm
Diâmetro do êmbolo	50 mm
Com base na norma padrão	ISO 15552 (antes também VDMA 24652, ISO 6431, NF E49 003.1, UNI 10290)
Amortecimento	PPV: Amortecimento pneumático regulável nas posições finais de curso
Posição de instalação	Nos dois lados
Modo de operação	de dupla ação
Extremidade da haste	Rosca externa
Princípio construtivo	Tubo perfilado Haste Êmbolo
Deteção de posição	Para sensor de proximidade
Variantes	Haste do êmbolo unilateral
Pressão de trabalho	0,6 ... 10 bar
Meio operacional	Ar comprimido conforme ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Observação sobre meio operacional e do piloto	Permite operação com lubrificação (necessária para operações subsequentes)
Classe de resistência à corrosão KBK	2
Temperatura ambiente	-20 ... 80 °C
Energia de impacto nas posições finais	0,2 J
Curso de amortecimento	22 mm
Força teórica a 6 bar, retorno	1.980 N
Força teórica a 6 bar, avanço	2.168 N
Tipo de fixação	com acessórios
Conexão pneumática	G1/4
Observações sobre material	Conforme RoHS
Informação sobre material, tampão	Injetados de alumínio
Informação sobre material, vedações	TPE-U(PU) NBR
Informação sobre material, corpo	Liga de alumínio anodizado liso
Informação sobre material, haste	Aço alta liga

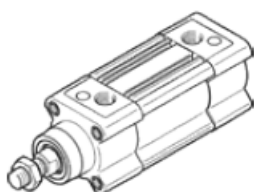
ANEXO J.3:

Características técnicas cilindro de corte (DSBC-40-20-PPSA-N3).

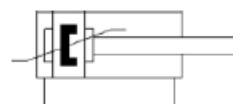
Atuador normalizado DSBC-40-20-PPSA-N3

Código da peça: 2123780

★ Linha de produtos básicos



FESTO



Ficha técnica

Característica	Valores
Curso	20 mm
Diâmetro do êmbolo	40 mm
Rosca da haste	M12x1,25
Amortecimento	PPS: amortecimento pneumático autoajustável nas posições finais
Posição de instalação	Nos dois lados
Conforme norma	ISO 15552
Extremidade da haste	Rosca externa
Princípio construtivo	Tubo perfilado Haste Êmbolo
Deteção de posição	Para sensor de proximidade
Variante	Haste do êmbolo unilateral
Pressão de trabalho	0,6 ... 12 bar
Modo de operação	de dupla ação
Meio operacional	Ar comprimido conforme ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Observação sobre meio operacional e do piloto	Permite operação com lubrificação (necessária para operações subsequentes)
Classe de resistência à corrosão KBK	2
Temperatura ambiente	-20 ... 80 °C
Energia de impacto nas posições finais	0,7 J
Curso de amortecimento	19 mm
Força teórica a 6 bar, retorno	633 N
Força teórica a 6 bar, avanço	754 N
Massa móvel com curso de 0 mm	205 g
Peso adicional por 10 mm de curso	37 g
Peso básico para curso de 0 mm	740 g
Fator de massa adicional por 10 mm de curso	16 g
Tipo de fixação	com rosca interna Opcional: com acessórios
Conexão pneumática	G1/4
Observações sobre material	Conforme RoHS
Informação sobre material, tampão	Injetados de alumínio revestido
Informação sobre material, vedações	TPE-U (PU)
Informação sobre material, haste	Aço alta liga
Informação sobre material, camisa do cilindro	Liga de alumínio anodizado liso

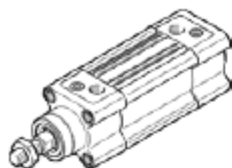
ANEXO J.4: Características técnicas cilindro rolo superior (DSBC-32-30-PPSA-N3).

Atuador normalizado

DSBC-...-32- -

Código da peça: 1463250

FESTO



Ficha técnica

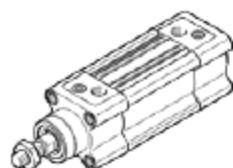
Especificações técnicas gerais – os valores individuais dependem da sua configuração.

Característica	Valores
Curso	1 ... 2.800 mm
Diâmetro do êmbolo	32 mm
Amortecimento	P: Anéis/placas de amortecimento elástico nas posições finais de curso PPS: amortecimento pneumático autoajustável nas posições finais PPV: Amortecimento pneumático regulável nas posições finais de curso
Posição de instalação	Nos dois lados
Princípio construtivo	Tubo perfilado Haste Êmbolo
Deteção de posição	Para sensor de proximidade
Variantes	Anel raspador rígido Proteção sanfonada Ranhuras para sensor nos 3 lados do perfil Casquilho sinterizado Unidade de fixação integrada Haste do êmbolo unilateral Faixa de temperatura -40 - 80 °C Faixa de temperatura 0 - 150 °C Vedações resistentes a temperaturas de até 120°C Haste passante Baixo atrito Movimento lento constante Com proteção antigiro Haste prolongada Haste com rosca interna Haste prolongada com rosca externa Para operação sem lubrificante Trava na posição final, parte dianteira Trava nas duas posições finais Trava na posição final, parte traseira Maior resistência a produtos químicos
Pressão de trabalho	0,1 ... 12 bar
Modo de operação	de dupla ação
Categoria ATEX para ambiente explosivo a gás	II 2G
Tipo de proteção contra a combustão de gás inflamável	c T4
Categoria ATEX para ambiente explosivo a poeira	II 2D
Tipo de proteção contra a combustão de poeiras combustíveis	c T120°C
Temperatura do ambiente potencialmente explosivo	-20°C (= Ta) ... +60°C
Meio operacional	Ar comprimido conforme ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Observação sobre meio operacional e do piloto	Permite operação com lubrificação (necessária para operações subsequentes)
Certificação CE (veja Declaração de Conformidade)	conforme Diretriz EU relativa à proteção contra explosões (ATEX)
Classe de resistência à corrosão KBK	3 2
Característica	Valores
Temperatura ambiente	-40 ... 150 °C
Energia de impacto nas posições finais	0,4 J
Força teórica a 6 bar, retorno	415 N
Força teórica a 6 bar, avanço	415 ... 483 N
Massa móvel com curso de 0 mm	110 g
Peso adicional por 10 mm de curso	27 g
Peso básico para curso de 0 mm	465 g
Fator de massa adicional por 10 mm de curso	9 g
Tipo de fixação	com rosca interna com acessórios Opcional:
Conexão pneumática	G1/8
Observações sobre material	Conforme RoHS
Informação sobre material, tampão	Injetados de alumínio revestido
Informação sobre material, camisa do cilindro	Liga de alumínio anodizado liso

ANEXO J.5: Características técnicas cilindro rolo superior (DSBC-32-30-PPSA-N3).

Atuador normalizado**DSBC-...-32- -**

Código da peça: 1463250

FESTO**Ficha técnica**

Especificações técnicas gerais – os valores individuais dependem da sua configuração.

Característica	Valores
Curso	1 ... 2.800 mm
Diâmetro do êmbolo	32 mm
Amortecimento	P: Anéis/placas de amortecimento elástico nas posições finais de curso PPS: amortecimento pneumático autoajustável nas posições finais PPV: Amortecimento pneumático regulável nas posições finais de curso
Posição de instalação	Nos dois lados
Princípio construtivo	Tubo perfurado Haste Êmbolo
Deteção de posição	Para sensor de proximidade
Variantes	Anel raspador rígido Proteção sanfonada Ranuras para sensor nos 3 lados do perfil Casquilho sinterizado Unidade de fixação integrada Haste do êmbolo unilateral Faixa de temperatura -40 - 80 °C Faixa de temperatura 0 - 150 °C Vedações resistentes a temperaturas de até 120°C Haste passante Baixo atrito Movimento lento constante Com proteção antigiro Haste prolongada Haste com rosca interna Haste prolongada com rosca externa Para operação sem lubrificante Trava na posição final, parte dianteira Trava nas duas posições finais Trava na posição final, parte traseira Maior resistência a produtos químicos
Pressão de trabalho	0,1 ... 12 bar
Modo de operação	de dupla ação
Categoria ATEX para ambiente explosivo a gás	II 2G
Tipo de proteção contra a combustão de gás inflamável	c T4
Categoria ATEX para ambiente explosivo a poeira	II 2D
Tipo de proteção contra a combustão de poeiras combustíveis	c T120°C
Temperatura do ambiente potencialmente explosivo	-20°C ≤ Ta ≤ +60°C
Meio operacional	Ar comprimido conforme ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Observação sobre meio operacional e do piloto	Permite operação com lubrificação (necessária para operações subsequentes)
Certificação CE (veja Declaração de Conformidade)	conforme Diretriz EU relativa à proteção contra explosões (ATEX)
Classe de resistência à corrosão KBK	3 2
Característica	Valores
Temperatura ambiente	-40 ... 150 °C
Energia de impacto nas posições finais	0,4 J
Força teórica a 6 bar, retorno	415 N
Força teórica a 6 bar, avanço	415 ... 483 N
Massa móvel com curso de 0 mm	110 g
Peso adicional por 10 mm de curso	27 g
Peso básico para curso de 0 mm	465 g
Fator de massa adicional por 10 mm de curso	9 g
Tipo de fixação	com rosca interna com acessórios Opcional:
Conexão pneumática	G1/8
Observações sobre material	Conforme RoHS
Informação sobre material, tampão	Injetados de alumínio revestido
Informação sobre material, camisa do cilindro	Liga de alumínio anodizado liso

ANEXO J.6: Características técnicas cilindro linguetes (DSNU-16-60-P-A).

Atuador normalizado DSNU-16-60-P-A

Código da peça: 1908263

★ Linha de produtos básicos

Conforme DIN ISO 6432 para detecção sem contato direto. Várias opções de fixação, com e sem elementos de fixação adicionais. Com anéis de amortecimento elásticos nas posições finais.

FESTO



Ficha técnica

Característica	Valores
Curso	60 mm
Diâmetro do êmbolo	16 mm
Rosca da haste	M6
Amortecimento	P: Anéis/placas de amortecimento elástico nas posições finais de curso
Posição de instalação	Nos dois lados
Conforme norma	CETOP RP 52 P ISO 6432
Extremidade da haste	Rosca externa
Princípio construtivo	Camisa do atuador Haste Êmbolo
Detecção de posição	Para sensor de proximidade
Variantes	Haste do êmbolo unilateral
Pressão de trabalho	1 ... 10 bar
Modo de operação	de dupla ação
Meio operacional	Ar comprimido conforme ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Observação sobre meio operacional e do piloto	Permite operação com lubrificação (necessária para operações subsequentes)
Classe de resistência à corrosão KBK	2
Temperatura ambiente	-20 ... 80 °C
Autorização	Germanischer Lloyd
Energia de impacto nas posições finais	0,15 J
Força teórica a 6 bar, retorno	103,7 N
Força teórica a 6 bar, avanço	120,6 N
Massa móvel com curso de 0 mm	23 g
Peso adicional por 10 mm de curso	4,6 g
Peso básico para curso de 0 mm	89,9 g
Fator de massa adicional por 10 mm de curso	2 g
Tipo de fixação	com acessórios
Conexão pneumática	M5
Observações sobre material	Conforme RoHS
Informação sobre material, tampão	Liga de alumínio anodização neutra
Informação sobre material, vedações	NBR TPE-U(PU)
Informação sobre material, haste	Aço alta liga, inoxidável
Informação sobre material, camisa do cilindro	Aço alta liga, inoxidável

ANEXO K: Características técnicas controlador do motor de passo (CMMO-ST-C5-1-DIOP).

Driver do motor CMO-ST-C5-1-DIOP

Código da peça: 1512316
★ Linha de produtos básicos

FESTO



Ficha técnica

Característica	Valores
Tipo de operação controlador	Regulador em cascata com Regulador de velocidade PI Estágio final de potência PWM-MOSFET Controlador proporcional e integral para eletricidade Controlador de posição P
Modo de operação	Micro-passo, >4000 passos/U
Redução ajustável de corrente	Usando software
Sensor de posição	Encoder
Filtro de rede	integrado
Ajuste dos passos	Usando software
Função protetora	Monitoramento I ² t Monitoramento da temperatura Monitoramento de corrente Detecção de falhas na tensão Monitoramento de erros de arrasto Detecção de posição final pelo software
Sensor de posição do rotor	Encoder
Função de segurança	Torque seguro desligado (STO)
Safety Integrity Level (SIL)	Desligamento seguro (STO) / SIL 3
Nível de performance (PL)	Desligamento seguro (STO) / categoria 3, performance nível e
Indicador	Indicador com sete segmentos
Ajuste da corrente nominal	Usando software
Resistência do freio	15 Ohm
Propriedades das saídas lógicas digitais	configuração parcialmente livre Sem isolamento galvânico
Potência do pulso resistência do freio	0,1 kVA
Corrente máx. saídas lógicas digitais	100 mA
Tensão máx. do circuito intermediário c.c.	28 V
Corrente da saída nominal	5,7 A
Tensão nominal c.c., alimentação lógica	24 V
Tensão nominal alimentação carga c.c.	24 V
Corrente nominal, alimentação carga	6 A
Corrente nominal, alimentação lógica	0,3 A
Interface de parametrização	Ethernet
Ethernet, protocolos suportados	TCP/IP
Corrente de pico, alimentação da carga	8 A
Faixa admissível tensão lógica	± 15 %
Certificação CE (veja Declaração de Conformidade)	conforme Diretriz EU-EMV conforme Diretriz EU de máquinas
Temperatura de armazenamento	-25 ... 75 °C
Umidade relativa do ar	0 - 90 % não condensável
Classe de proteção	IP40
Temperatura ambiente	0 ... 50 °C
Temperatura do ambiente UL	0 ... 40 °C
Autorização	c UL us - Listed (OL)
Característica	Valores
	C-Tick
Peso do produto	290 g
Quantidade de saídas lógicas digitais 24 V c.c.	11
Quantidade de entradas lógicas digitais	11
Interface do processo	Conector I/O para 32 registros de percurso
Especificação entrada lógica	Baseado na IEC 61131-2
Faixa de trabalho entrada lógica	24 V
Entrada interface régua, propriedades	RS422
Propriedades entrada lógica	conectada galvanicamente ao potencial lógico
Lógica de comutação das saídas	PNP (comutação positiva)
Lógica de comutação entradas	PNP (comutação positiva)
Tipo de fixação	com trilho DIN Aparafusado na base de conexão
Observações sobre material	Conforme RoHS

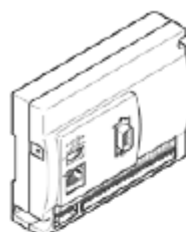
ANEXO L: Características técnicas programador (CECC-D).

Controlador CECC-D

Código da peça: 574415

FESTO

Controlador compacto Codesys V3 com I/O, CAN, Ethernet.



Ficha técnica

Característica	Valores
Classe de resistência à corrosão KBK	0
Autorização	RCM Mark
Observações sobre material	Conforme RoHS
Tensão operacional	19,2 - 30 VDC
Consumo de corrente	100 mA nominal a 24 VDC
Temperatura ambiente	0 ... 55 °C
Temperatura de armazenamento	-25 ... 70 °C
Umidade relativa do ar	95% não condensável
Classe de proteção	IP20 III
Peso do produto	200 g
Teste de insensibilidade a vibrações	conforme EN 61131-2
Teste de insensibilidade a impacto	conforme EN 61131-2
Tecnologia de conexão elétrica, I/O	Régua de soquetes, grade 3,5 mm
Indicadores de status	LED
Dados CPU	Processador 400 MHz
Número de entradas digitais	12
Entradas digitais, lógica de comutação	Lógica positiva (PNP)
Entradas digitais, entradas de contagem rápida	2, respectivamente com no máx. 200 kHz
Entradas digitais, retardo no sinal de entrada	3 ms typ.
Entradas digitais, tensão/corrente de entrada	24 VDC
Entradas digitais, valor nominal para VERDADEIRO	≥ 15 VDC
Entradas digitais, valor nominal para FALSO	≤ 5 VDC
Entradas digitais, isolamento elétrico	Sim, através de acoplador óptico
Entradas digitais, indicador de status	LED
Entradas digitais, comprimento admissível do cabo conector	30 m
Número de saídas digitais	8
Saídas digitais, lógica de comutação	Lógica positiva (PNP)
Saídas digitais, contato	Transistor
Saídas digitais, tensão de saída	24 VDC
Saídas digitais, corrente de saída	500 mA
Saídas digitais, isolamento elétrico	Sim, através de acoplador óptico
Saídas digitais, frequência de permutação	max. 1 kHz
Saídas digitais, à prova de curto-circuito	sim
Saídas digitais, indicador de status	LED
Interface Fieldbus	CAN-Bus
Interface Fieldbus, tecnologia de conexão	9 pinos Sub-D Conector
Interface Fieldbus, taxa de transmissão	regulável via software 125, 250, 500, 800, 1000kBit/s
Interface Fieldbus, isolamento elétrica	sim
Interface USB	USB 1.1
Característica	Valores
Ethernet, conector	RJ45
Ethernet, número	1
Ethernet, velocidade de transmissão de dados	10/100 Mbit/s
Ethernet, protocolos suportados	TCP/IP, EasyIP, Modbus TCP
Software de programação	CODESYS provided by Festo V3
Linguagem de programação	Linguagem estruturada (STL) Diagrama Ladder (LDR) Diagrama de funções Linguagem sequencial conforme IEC 61131-3 Texto estruturado
Certificação CE (veja Declaração de Conformidade)	conforme Diretriz EU-EMV

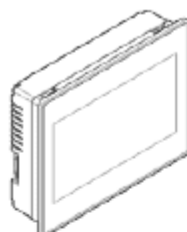
ANEXO M: Características técnicas display (CDPX-X-A-W-7).

unidade de indicação e controle**CDPX-X-A-W-7**

Código da peça: 574411

FESTO

Unidade de controle de 7", wide touchscreen.

**Ficha técnica**

Característica	Valores
Profundidade de montagem	47 mm
Altura	147 mm
Comprimento	187 mm
Espessura máx. painel frontal	4 mm
Relógio de tempo real	sim
Listas de eventos	2.048
Memória de receita	32 kByte
Páginas	1.000
Tags	10.000
Widgets	2.000
Objetos por página	2.000
Usuário	50
Acessos simultâneos de clientes	4
Trend buffer	30
Curvas por trend widget	5
Receitas	32
Registros de parâmetro por receita	32.000
Buffer de eventos	4
Eventos por buffer de eventos	2.048
Alarmes	2.000
Tamanho do arquivo Java Script por página	8 kByte
Tamanho do projeto	30
Escalonador	30
Protocolos de CLP suportados	Modbus RTU Server Modbus RTU Client Modbus TCP Server Modbus TCP Client CODESYS 3.X CODESYS 2.3
Desvio relógio de tempo real	130 s / mês
Número de cores	64 k
Número de LEDs de sistema	1
Indicador	Cor TFT
Propriedade do display	Touchscreen
Tamanho do display	7"
Bateria de backup	Bateria de lítio, recarregável
Faixa de tensão operacional c.c.	18 ... 30 V
Resolução do display	WVGA, 800x480 Pixel
Tensão operacional nominal c.c.	24 V
Consumo de corrente na tensão operacional nominal	0,7 A
Certificação CE (veja Declaração de Conformidade)	conforme Diretriz EU-EMV
Temperatura de armazenamento	-20 ... 70 °C
Umidade relativa do ar	não condensável 5 - 85 %
Característica	Valores
Classe de proteção	IP65 na parte frontal, IP20 na parte traseira
Temperatura ambiente	0 ... 50 °C
Autorização	c UL us - Listed (OL) C-Tick
Peso do produto	1.000 g
Interface CLP	R5485 ModbusRTU
Interface USB	sim
Ranhura para cartão SD	1
Interface Ethernet	RJ45 10/100 MBd
Tipo de fixação	Montagem em painel frontal
Observações sobre material	Conforme RoHS
Software de programação	Designer Studio

ANEXO N: Indicadores de desempenho e análise de custos.

Indicadores de desempenho

- O cálculo dos indicadores realizou-se tendo em conta lotes de 100 unidades

	Processo Atual	Processo Previsto
Produtividade	0,20 Peças/min	3 Peças/minuto
Lead Time	2 dias 1 hora	1 dia
Tempo de Ciclo	5 horas	20 min
Saída da 1ª Peça	1 dia 2 horas	4 horas

Situação Atual

JPM 023

Tarefa	Quantidade	Tempo
Cortar	13496	0,85
Furar	13496	2
Estampar	3744	2
Total (meses)		4,4
Preço MOD		7911

JPM 024

Tarefa	Quantidade	Tempo
Cortar	2060	0,85
Furar	2060	2
Estampar	515	2
Total (meses)		0,7
Preço MOD		1188

Situação Prevista

JPM 023

Tarefa	Quantidade	Tempo
Furar, Cortar e Estampar	13496	0,5
		1
Total (meses)		0,6
Preço MOD		1161

JPM 024

Tarefa	Quantidade	Tempo
Furar, Cortar e Estampar	2060	0,5
Total (meses)		0,1
Preço MOD		177